

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**FAKULTA TEXTILNÍ**



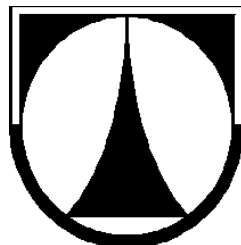
**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

2009

Bc. Adela Dolinská

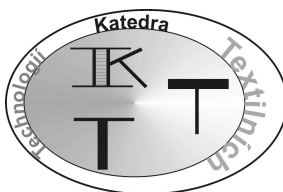
# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

## FAKULTA TEXTILNÍ



### Katedra textilních technologií

N3106 Textilní inženýrství  
Textilní a oděvní technologie



### Diplomová práce

#### **Téma: Modelování tažnosti dvojmo skané příze**

Name of theme: Scaling of tensibility of double thrown yarn

Diplomant: **Bc. Adela Dolinská**

Vedoucí práce: **Ing. Bc. Monika Vyšanská, PhD.**

Počet stran textu: 57

Počet obrázků: 20

Počet tabulek: 9

Počet příloh: 5

**Technická univerzita v Liberci**

Fakulta textilní

Katedra textilních technologií

Školní rok: 2008/2009

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

pro: **Adelu Dolinskou**

obor: 3107R004 technologie a řízení oděvní výroby

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. O vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Modelování tažnosti dvojmo skané příze**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou modelování tažnosti délkových útvarů.
2. Vytvořte model tažnosti dvojmo skané příze.
3. Prověřte model na experimentálních datech.
4. Diskutujte závěr.

## Prohlášení

Prohlašuji, že předložená *diplomová (bakalářská)* práce je původní a zpracoval/a jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil/a autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *diplomové (bakalářské)* práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou diplomovou (*bakalářskou*) práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové (*bakalářské*) práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové (*bakalářské*) práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové (*bakalářské*) práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 28. května 2009

.....

Podpis

### **Poděkování**

Děkuji Ing. Monice Vyšanské, Ph.D., vedoucí diplomové práce, za odborné vedení a usměrňování při zpracovávání celé práce.

Moje velké poděkování patří také pracovníkům katedry KTT, mé rodině a zvláště mamince a bratovi Cyrilovi za veškerou podporu.

## **Anotace**

Předmětem této diplomové práce je modelování tažnosti dvojmo skané příze, tvorba modelu tažnosti dvojmo skané příze s ověřením modelů na experimentálních datech.

Rešeršní část práce je zaměřená na dvojmo skanou přízi, na technologii výroby příze a způsoby skaní. Dále geometrický popis dvojmo skané příze a struktury příze.

Teoretická část popisuje tvorbu modelů tažností dvojmo skané příze.

Pro experimentální část jsou měřeny parametry příze, které jsou potřebné pro výpočet modelů a jejich porovnávání. Na základě výsledných hodnot je diskutováno, který vztah bude pro tažnost dvojmo skané příze nejvhodnější.

## **Klíčová slova**

Dvojmo skaná příze, parametry příze, geometrická struktura příze, podélné pohledy, model tažnosti, párové porovnání.

## **Anotation**

Modulation of the elongation of duplicated folded yarn, creation of the model of duplicated folded yarn elongation, verification models from experimental data are the subjects of this thesis.

The research part of the work is focused on duplicated folded yarn, yarn production technology and the methods of folding. Furthermore, the geometric description of duplicated folded yarn and yarn structure are included as well.

The theoretical part describes the creation of models for the elongation of duplicated folded yarn.

Parameters of the yarn that are needed for the calculation of models and their comparison are measured for the experimental part. The resulting values are based on the best elongation for duplicated folded yarn.

## **Keywords**

Duplicate folded yarn, yarn parameters, the geometric structure of the yarn, longitudinal view, elongation model, pair comparison.

## Seznam použitých zkratk a symbolů

$S$	zákrutu levého směru [ $m^{-1}$ ]
$Z$	zákrutu pravého směru [ $m^{-1}$ ]
$\Delta l$	prodloužení (zkrácení) tělesa [m]
tzv.	takzvaný
viz	k vidění
apod.	a podobně
Obr.	obrázek
mN	jednotka pro pevnost
tex	jednotka jemnosti
%	procenta
$l_s$	délka skané příze [m]
$l$	délka jednoduché příze [m]
$T_D$	jemnost druzené příze [tex]
$n$	počet jednoduchých přízí tvořících přízi druzenou (skanou)
$T_s$	jemnost skané příze [tex]
$m_s$	hmotnost úseku příze [g]
$T$	jemnost jednoduché příze [tex]
$\delta$	seskání [%]
$n$	počet jednoduchých přízí tvořících přízi druzenou (skanou)
$t_z$	počet zákrutů na metr
$l$	počet zákrutů na metr
$n$	počet jednoduchých přízí tvořících přízi druzenou (skanou)
$t_z$	počet zákrutů na metr
$L$	délka zkušební vzorku před rozkroucením
$z$	počet zákrutů zjištěný u zkušební vzorku
$R$	poloměr šroubovice
$s$	plocha válce
$\beta$	úhel stoupání šroubovice
$D_s$	substanční průměr příze
$\rho$	hustota

$\varepsilon_s$	poměrné prodloužení při přetržení – tažnost [%]
$L_s$	délka vzorku příze v okamžiku přetržení [mm]
$L_o$	délka vzorku mezi upínacími čelistmi v okamžiku upnutí [mm]
kap.	kapitola
$Max\ s$	„silné“ místo na přízi
$Min\ s$	„slabé“ místo na přízi
$D_1$	průměr válce
$\beta_s$	úhel sklonu tečny osy příze k ose skané příze
$\frac{D_1}{2}$	vzdálenost os jednoduchých přízí v přízi dvojmo skané [m]
$Z_s$	konečná zákrutová hustota v přízi po skaní [m <sup>-1</sup> ]
$Z_j$	počáteční zákrutová hustota v přízi [m <sup>-1</sup> ]
$\Delta Z_s$	koeficient seskání, vyjadřující změnu délky příze v důsledku skaní
$Z_{ss}$	skací zákrutová hustota [m <sup>-1</sup> ]
$\varepsilon$	poměrné prodloužení [-]
$\varepsilon_j$	poměrné prodloužení jednoduché příze
$\beta'_s$	úhel sklonu osy jednoduché příze k ose skané příze bez kontrakce
$\beta''_s$	úhel sklonu osy jednoduché příze k ose skané příze v okamžiku přetrhu
$h, l$	výška a délka příze bez kontrakce
$h', l'$	výška a délka příze bez kontrakce
$h'', l''$	výška a délka příze v okamžiku přetrhu
$k$	konstanta úměrnosti je závislá nejen na vlastnostech
$\nu$	Poissonův poměr
$\varepsilon_r$	poměrné zúžení
$\varepsilon_p$	poměrné protažení
$\sigma$	napětí [MPa]
$S$	součet ploch obou přízí [m <sup>2</sup> ]
č	číslo
ČES	česaná příze
MYK	mykaná příze



$\pi$	Ludolfovo číslo
IN	interní norma
ČSN	česká státní norma
ba	bavlna
IS	interval spolehlivosti
OA	obrazová analýza
cca	přibližně

**OBSAH**

<b>Úvod .....</b>	<b>13</b>
<b>REŠERŠE .....</b>	<b>14</b>
<b>1 Technologie výroby příze .....</b>	<b>14</b>
1.1 Mykání .....	14
1.2 Česání .....	15
1.3 Způsoby skaní .....	15
1.4 Zákrut přízí a nití .....	16
1.5 Druhy skaných přízí .....	16
1.6 Skací stroje .....	17
1.6.1 Princip prstencového skacího stroje .....	18
<b>2 Vláknenný materiál.....</b>	<b>19</b>
2.1 Bavlna .....	19
<b>3 Geometrický popis dvojmo skané příze.....</b>	<b>19</b>
3.1 Struktura příze.....	19
3.1.1 Jednoduchá příze.....	19
3.1.2 Skaná příze.....	20
3.2 Dvojmo skaná příze .....	20
3.3 Parametry příze .....	20
3.3.1 Seskání .....	20
3.3.2 Jemnosti příze .....	21
3.3.3 Jemnost skané příze .....	21
3.3.4 Zákrut příze.....	22
3.3.5 Zákrut skané příze.....	23
3.3.6 Průměr příze.....	24
3.3.6 Tažnost příze.....	25
3.4 Tělo příze .....	25
3.4.1 Metoda podélných pohledů.....	26
3.4.2 Charakteristické rozměry .....	27
3.5 Souvislost geometrické struktury a mechanických.....	28
vlastností skané příze .....	28
<b>TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>32</b>
<b>4 Tvorba modelů tažnosti dvojmo skané příze .....</b>	<b>32</b>

4.1 Model bez kontrakce průřezu.....	33
4.2 Model s kontrakcí průřezu .....	36
<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....</b>	<b>42</b>
<b>5. Prověřování modelů na experimentálních datech .....</b>	<b>42</b>
5.1 Měřené dvojmo skané příze .....	42
5.1.1 Měření jemnosti příze .....	42
5.1.2 Měření zákrutu příze .....	43
5.1.3 Měření tažnosti příze .....	44
5.1.4 Měření průměru příze .....	45
5.2 Modely porovnány s experimentem .....	47
5.3 Párové porovnání .....	50
5.4 Změna hodnot koeficientu $k$ .....	50
5.5 Model s kontrakcí po změně koeficientu $k$ .....	51
<b>6 Diskuze výsledků.....</b>	<b>53</b>
<b>7 Závěr .....</b>	<b>54</b>
<b>8 Literatura a zdroje.....</b>	<b>56</b>
<b>9 Přílohy.....</b>	<b>57</b>

## Úvod

Samotné jednotky tvořící příze, tj. vlákna, se vyznačují variabilitou svých vlastností. Vnitřní struktura příze se vyznačuje značnou složitostí a variabilitou. V určitém přiblížení je struktura příze popisována pomocí matematických modelů. Absolutně dokonalý popis příze či už jednoduché nebo skané je úkol nesmírně složitý, což potvrzuje vývoj a výzkum v této vědní oblasti.

Technologie výroby příze navazuje na charakteristické znaky použitého vláknenného materiálu, na požadovanou strukturu a vlastnosti příze.

Pro tvorbu modelů tažnosti dvojmo skaných přízí, které byly pro tuto práci vybrány, je uvedena technologie výroby prstencové příze mykané a prstencové příze česané. Pro tvorbu dvojmo skané příze jsou uvedeny způsoby skaní a druhy skaných přízí. Dle celkového charakteru daného počtu zákrutů jsou uvedeny skací stroje se zaměřením na princip prstencového skacího stroje.

Příslušná technologie spolu s vlastnostmi zpracovávaného materiálu určuje výslednou strukturu příze. Na základě geometrických charakteristik dvojmo skané bavlněné příze jsou popsány její parametry (jemnost, tažnost, zákrut a průměr příze), které je nutné zjistit pro samotnou tvorbu modelů.

Cílem práce je na vybrané sadě bavlněných přízí o různé jemnosti a různé míře zakroucení určit, který vztah pro tažnost dvojmo skané příze bude nejvhodnější. Výsledné hodnoty modelů jsou pak na základě párového porovnání diskutovány.

## REŠERŠE

### 1 Technologie výroby příze

Príslušná technologie spolu s vlastnostmi zpracovávaného materiálu určuje výslednou strukturu příze a tím související vlastnosti příze. Bavlnářské příze se vyrábí v několika etapách s větším počtem operací. Z každé etapy vychází určité polotovary, které dalším zpracováním mění svůj tvar i vlastnosti. Jedná se o rouno, pavučinu, přást a přízi, jejíž vlastnost je dána druhem, délkou vláken, počtem zákrutů a technologickým způsobem předení.

Pro tuhle práci byly použity dvojmo skané bavlněné příze, vytvořené spojením jednoduchých přízí zakrucováním s technologií:

- příze prstencové mykané
- příze prstencové česané

#### 1.1 Mykání

Účelem operace mykání je: urovnat a narovnat vlákna, ojednotit vlákna, odstranit nejjemnější nečistoty a příliš krátká a nekvalitní vlákna. Mykací stroj se skládá ze soustavy válců opatřen velmi jemnými hroty (jejich povrchy připomínají drátěné kartáče). Vlákenný materiál se propracuje mezi povrchy válců a z posledního válce vychází ve formě velmi tenké vrstvy, která je velmi malé hmotnosti. Tato vrstva je nazývána pavučina a je podstatně jemnější než rouno. Vlákna v pavučině jsou tedy urovnávána do rovnoběžné polohy a nemají v nich být žádné nečistoty, uzlíky vláken a jiné závady. Ve výstupní části mykacích strojů je umístěná kovová nálevka – zhušťovač, v níž se pavučina zhuští do pramene vláken. Tento pramen – mykanec se ukládá do velkých válcových konví, v nichž se přepravuje k dalšímu zpracování. Jedná se o velice důležitou operaci v přádelně, jelikož má podstatný vliv na kvalitu vyráběné příze [3].

## 1.2 Česání

Zařazuje se po operaci posukování. Jedná se o důležitou operaci při výrobě jemné vysoce kvalitní příze. Je to velice nákladná a náročná operace. Česání se provádí za účelem: zbavit předložené prameny krátkých vláken a zbytků rostlinných nečistot, dále vlákna urovnat a vytvořit pramen – česanec. Česací stroje postupně vytahují z pramenů třásně vláken, které ocelovými hřebeny pročešou a znovu poskládají do pramene. Při česání dochází k odstranění krátkých a různě zauzlených vláken. Česací pramen je vytvořen pouze z dlouhých, vysoce kvalitních vláken, která jsou v něm velmi dobře uspořádána. Odpad z česacích strojů tzv. výčesky je možné ještě zpracovávat v mykaných vlnářských eventuelně bavlnářských přádelnách, nebo ho využít na vlákenné vrstvy pro výrobu netkaných textilií. Procento výčesků se pohybuje v rozmezí 10-25%. Další zpracování příze (skaní, barvení, bělení, tkaní a pletení atd.) [3].

## 1.3 Způsoby skaní

Při skaní se může použít:

- souhlasný skací zákrut
- opačný skací zákrut

Je-li směr skacího zákrutu souhlasný, zvyšuje se při skaní zákrut jednoduchých i samotných skaných a výrobek z nich bude tuhý, s výraznými obrysy jednotlivých přízí. Při tomto druhu skaní má však výsledná příze snahu se rozkrucovat a tvoří smyčky, zákrut totiž není v rovnováze.

Jestliže je směr skacího zákrutu opačný, zmenšuje se při skaní zákrut jednotlivých přízí a tyto jednoduché příze přilehnou k sobě (tvoří dojem skané příze). Získaný výrobek bude měkký, plnější a pevnější.

Důležitou vlastností skané příze je tzv. vyváženost, tj. netečnost k tvoření smyček. Vyvážení zákrutu je možné pouze při opačném směru skacích zákrutů [18].

## 1.4 Zákrut přízí a nití

Zákrut vzniká při předení a skaní. Zákrut drží vlákenný útvar pohromadě a dává přízi a niti pevnost. Směry zákrutů jsou dva: levý – S a pravý – Z.

Pojmem zákrut se rozumí i počet otáček, ke kterým dojde při zakrucování v poslední operaci a vztahuje se na 1 m délky výsledné niti Z [zákrut/m]. Následkem zakrucování (skaní) dochází ke zkrácení původní délky vlákenného útvaru o absolutní rozdíl  $\Delta l$  [m] – tzv. seskání [5].

Zakrucování je nejdůležitější při tvorbě příze na dopřádacích strojích a při skaní. Při předení se uděluje svazku vláken konečný počet zákrutů na jednotku délky. Při skaní se zakrucováním spojují dvě nebo více jednoduchých přízí v jednu výslednou přízi.

Zakrucováním svazku vláken rozumíme vzájemné natočení jeho příčných průřezů kolem podélné osy produktu, přičemž směr natočení je po celé délce produktu stejný. Zákrutem označujeme vzájemné ovinutí vláken v přízi. Při předení nebo skaní se tím zvyšuje tření mezi vlákny a tím i pevnost. U skaných přízí se získává také vyšší stejnoměrnost [6].

## 1.5 Druhy skaných přízí

Jednotlivé druhy skaných přízí jsou popsány v bodech 1 až 5. Skaná příze se označuje zlomkem. V čitateli je malými písmeny směr zákrutů přiváděných přízí a ve jmenovateli je velkými písmeny směr udělovaných zákrutů.

1. Při skaní ve stejném směru  $s + s/S$  nebo  $z + z/Z$  se vyrobí tvrdá příze, vhodná pro speciální účely.
2. Při rozkroucení vlivem opačného stáčení  $z + z/S$  nebo  $s + s/Z$  se vyrobí příze měkké. Při větším snížení výsledných zákrutů se staplové příze trhají.
3. Kombinace  $z + s/S$  nebo  $s + z/Z$  se na rotační přízi tvoří smyčky .
4. Při skaní jednostupňovém má výsledná příze i při stejném počtu nití menší

pevnost než při skání vícestupňovém.

5. Při vícenásobném způsobu skání se např. nejdříve v prvním stupni skají vždy dvě nitě a v druhém stupni se skají tři dvojice nití.

Dle celkového charakteru daného počtu zákrutů se rozlišují příze velmi měkké s malým počtem zákrutů (na pletení), měkké (na dekorační tkaniny), střední, tvrdé, velmi tvrdé a krepové. Hladká skaná příze se vyrábí z nití stejného materiálu, stejné jemnosti a barvy. Efektní (zdobené) příze se obvykle vyrábějí z nití nestejného materiálu, nestejné jemnosti a různých barev. Na jedné nebo na několika nosných základních nitích se vytvářejí různé efekty dalších nití, celek může být ještě zpevněn nití fixovací [18].

## **1.6 Skací stroje**

Skací stroje se používají pro výrobu:

- Hladce skaných přízí (jednostupňově nebo vícenásobně skaných)
- Efektních přízí (tvořeny základní a efektní přízí)

U hladkých skaných přízí lze hovořit o jednostupňovém nebo vícestupňovém skání.

U vícestupňového skání jde o skání v několika stupních tak, že v prvním stupni tvoříme skanou přízi z jednoduchých přízí a v dalším stupni již skáme skané příze. Výsledná příze má hladký povrch, vyšší pevnost, vyšší tažnost a netvoří žádný efekt. Příze se potom používá jako šicí nitě, tkalcovské, pletařské příze apod.

K výrobě se používají skací stroje:

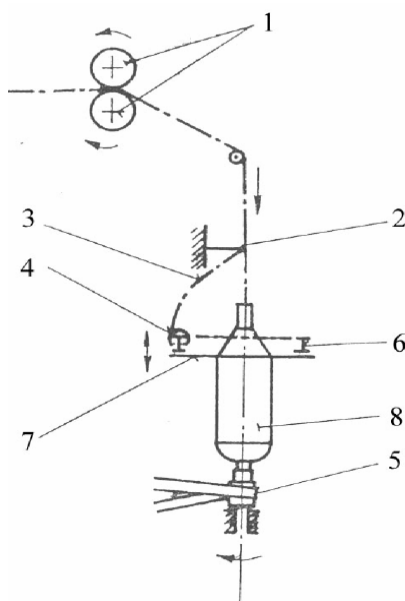
- Prstencové skací stroje
- Dvouzákrutové skací stroje viz
- Stroje pro vícestupňové skání viz [7]



### 1.6.1 Princip prstencového skacího stroje

Princip je obdobný prstencovým doprčadacím strojům. Základní rozdíl je v tom, že místo průtahového ústrojí je u skacího stroje válečkové podávací ústrojí. Na skacím stroji viz Obr. 1., jsou předkládané cívky umístěny v cívečnici na kovových trnech. Nítě postupují z cívky k vodiči, dále pak k podávacímu ústrojí. Dále postupují nitě přes očko zarážky, vodič nitě směřuje k běžci, který obíhá po prstenci a nit se navíjí na potáč. Zakrucovací a navíjecí ústrojí je na většině skacích strojů shodné jako na doprčadacích strojích. Konstrukce mechanismu umožňuje tvorbu válcového návínu [7].

1. podávací ústrojí; 2. vodič; 3. balon; 4. běžec; 5. náhon vřeten; 6. prstenec; 7. prstencová lavice; 8. cívka



Obr. 1: Popis skacího stroje [7]

## 2 Vláknenný materiál

Z hlediska vláknenných materiálů používaných pro výrobu přízí je nejrozšířenější bavlna. Pro tuto práci byly vybrány příze bavlněné s technologií výroby mykání a česání. Technologie výroby navazuje na charakteristické znaky použitého vláknenného materiálu [2].

### 2.1 Bavlna

Bavlna vyniká jako velmi jemné vlákno, příjemné na omak. Vyznačuje se dobrou 62% sorpcí vlhkosti, pevností v tahu (245 – 373 mN/tex) a v oděru. Za mokra se zvyšuje cca o 20%. Často je tedy používána na výrobky, které jsou v tomto směru namáhány a musí se často prát. Mačkovost je u bavlny vysoká, zato pružnost je nízká, ale zase vyšší než u lnu. Tažnost je malá – za sucha 6 – 10% , za mokra 7 – 11% [2].

## 3 Geometrický popis dvojmo skané příze

### 3.1 Struktura příze

Příze je popsána jako základní útvar, představující délkovou textilií, složenou ze spřádatelných vláken, zpevněných zákrutem. Při přetrhu příze dochází k přetrhu jednotlivých vláken. Každý druh příze má určité vlastnosti, které jsou dány zvláštností vláknenné suroviny použité při výrobě a charakterem technologického zpracování. Podle počtu operací se příze dělí na jednoduché a příze skané [1].

#### 3.1.1 Jednoduchá příze

Je vyrobená jen jednou operací, předením. Rozborem zjistíme, že po uvolnění zákrutů se tato příze rozpadá na jednotlivá vlákna [5].

### 3.1.2 Skaná příze

Příze vyrobená ve dvou operacích. V první se vypřede jednoduchá, ve druhé se dvě nebo více přízí (nití) jednoduchých seská do skané příze. Skaná příze má většinou opačný směr zákrutu než příze jednoduchá. Odstraněním skacího zákrutu se niť rozpadá na dvě nebo více nití jednoduchých [5].

### 3.2 Dvojmo skaná příze

Dvojmo skaná příze je útvar relativně pravidelný (zanedbáme-li chlupatost příze, nestejnoměrnost příze), ovšem vzhledem k poměrně dobře definovatelné jednoduché přízi má konkrétně z hlediska popisu geometrických charakteristik jistá úskalí. Z hlediska charakteristických rozměrů a tvaru, je příze dvojmo skaná složitější. Dvojmo skanou přízi popisujeme jako přízi složenou ze dvou šroubovic přízí jednoduchých. Jedná se tedy o zakroucení dvou válců vzájemně okolo sebe. Osa každého takového válce pak v prostoru tvoří šroubovici.

Pro geometrický popis dvojmo skané příze nebude jeden parametr (jako v případě příze jednoduché) postačující viz kap. 3.3.2 [9].

### 3.3 Parametry příze

#### 3.3.1 Seskání

Vztah používáme za podmínky, že jsme použili příze stejných jemností.

$$\delta = \frac{l - l_s}{l} 100 \quad (1)$$

$\delta$  ... seskání

$l_s$  ... délka skané příze [m]

$l$  ... délka jednoduché příze [m] [3].

### 3.3.2 Jemnosti příze

Vycházíme ze vztahu příze družené.

$$T_D = \sum_{i=1}^n T \quad (2)$$

$T_D$  ... jemnost družené příze [tex]

$T$  ... jemnost jednoduché příze [tex]

$n$  ... počet jednoduchých přízí tvořících přízi druženou (skanou) [3].

$$T_s = \frac{m_s}{l_s} \quad (3)$$

$T_s$  ... jemnost skané příze [tex]

$m_s$  ... hmotnost úseku příze [g]

$l_s$  ... délka úseku příze [km] [3].

### 3.3.3 Jemnost skané příze

- vypočte se dle jemnosti jednoduché příze a seskání viz. vztah

$$T_s = nT \frac{100}{100 - \delta} \quad (4)$$

$T_s$  ... jemnost skané příze [tex]

$T$  ... jemnost jednoduché příze [tex]

$\delta$  ... seskání [%]

$n$  ... počet jednoduchých přízí tvořících přízi druženou (skanou) [3].

### 3.3.4 Zákrut příze

Zákrut příze je veličina, která se váže ke skupině monotónně kroucených přízí (počet otáček vložených do délkového elementu příze).

Intenzita zákrutu je dána:

$$k = \pi DZ \quad (5)$$

$k$  ... intenzita zákrutu

$\pi$  ... Ludolfovo číslo

$D$  ... průměr válce

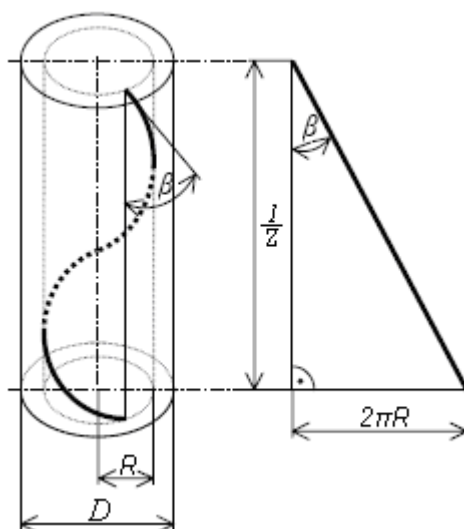
$Z$  ... zákrut příze [ $\text{m}^{-1}$ ]

Köchlinův koeficient zákrutu:

$$\alpha_k = Z\sqrt{T} = k\sqrt{\mu\rho} / \sqrt{4\pi} \quad [\text{m}^{-1}\text{tex}^{1/2}] \quad (6)$$

Jestliže bychom zkoumali stoupání šroubovice při stejném počtu zákrutů u přízí nebo nití různé jemnosti, zjistili bychom, že stoupání šroubovice je vždy stejné.

Z tohoto zjištění vychází funkční závislost, kterou vyjadřuje koeficient zákrutů  $\alpha_k$ , nazývaný též zákrutovou mírou [19].



Obr. 2: Šroubovice vlákna na obecném poloměru  $R$  [19]

Příze tvoří válec o průměru  $D$  (viz obr.2), osy vláken tvoří soustavu souosých šroubovic na obecných poloměrech  $R \in (0; D/2)$ . Vlákná jsou válcová a jejich průřezem je kruh o poloměru  $d$  a ploše  $s$ . Výška stoupání šroubovice je rovna  $1/Z$ . Mezi úhlem stoupání šroubovice  $\beta$  obecného vlákna a zákrutem  $Z$  (počet ovinů na jednotku délky) platí vztah:

$$\operatorname{tg} \beta = 2\pi RZ \quad (7)$$

$R$  ... poloměr

$\beta$  ... úhel stoupání šroubovice

Odvození vychází z předpokladu, že výška jednoho ovinu vlákna v ideální přízi je výškou šroubovice. Po rozvinutí tohoto vlákna ( obr.2 ) lze psát:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\pi d}{S} \quad (8)$$

mezi stoupáním šroubovice  $S$  a zákrutem platí :

$$S = \frac{1}{Z} \quad (9)$$

$S$  ... stoupání šroubovice

Po úpravě obdržíme:

$$\operatorname{tg} \beta = \pi DZ \quad (10)$$

$D$  ... průměr válce

### 3.3.5 Zákrut skané příze

$$t_z = \frac{1000z}{l} \quad (11)$$

$t_z$  ... počet zákrutů na metr

$l$  ... délka zkušební vzorku před rozkroucením [m]

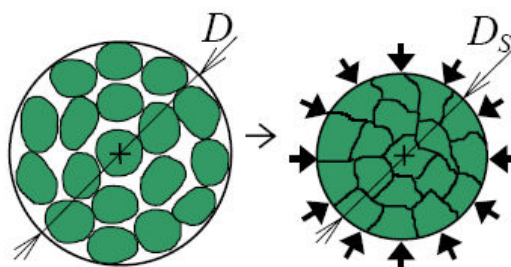
$z$  ... počet zákrutů zjištěný u zkušební vzorku [15].

### 3.3.5 Průměr příze

$D_s$  - substanční průměr příze

- vypočte se z jemnosti skané příze a hustoty vláken
- vlákna jsou v přízi uložena bez vzduchových mezer
- nejmenší možný průměr příze
- nereálný

Skutečná příze není homogenním válcem. Mezi vlákny se vyskytují vzduchové mezery, hustota stěsnání vláken po průřezu není rovnoměrná. Neexistuje jednotná a jednoznačná definice průměru příze  $D$ . Průměr příze  $D$  je tedy smluvní hodnotou a vztahuje se vždy k dané experimentální metodě (viz kap. 4) [18].



Obr. 3: Průměr příze  $D$  a substanční průměr příze  $D_s$  [18]

Známe jemnost  $T$  a hustotu  $\rho$ ,

$$T = \frac{m_p}{l_p} = \rho S \quad (12)$$

chceme určit  $D_s$

$$D_s = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4T}{\pi\rho}} \quad (13)$$

### 3.3.6 Tažnost příze

- je rovna tažnosti jednoduché příze

$$\varepsilon_s = \frac{L_s - L_o}{L_o} 100 \quad (14)$$

$\varepsilon_s$  ... poměrné prodloužení při přetržení – tažnost [%]

$L_s$  ... délka vzorku příze v okamžiku přetržení [mm]

$L_o$  ... délka vzorku mezi upínacími čelistmi v okamžiku upnutí [mm] [3].

- tažnost skané příze viz kap. 3.5.

### 3.4 Tělo příze

K zjišťování charakteristických rozměrů skané, viz kap. 3.4.2 příze používáme metodiku podélného pohledu viz kap. 3.4.1 a příčného řezu. Vhodnými modifikacemi jsme schopni nejen odhadnout charakteristické rozměry, ale i popsat chování jednoduché příze v dvojmo skané. Snímání obrazů se provádí pomocí obrazové analýzy Lucia G viz [8].

Obrazy se snímají po různě dlouhých úsecích, aby se zabránilo zkreslení údajů možnými periodickými vadami.



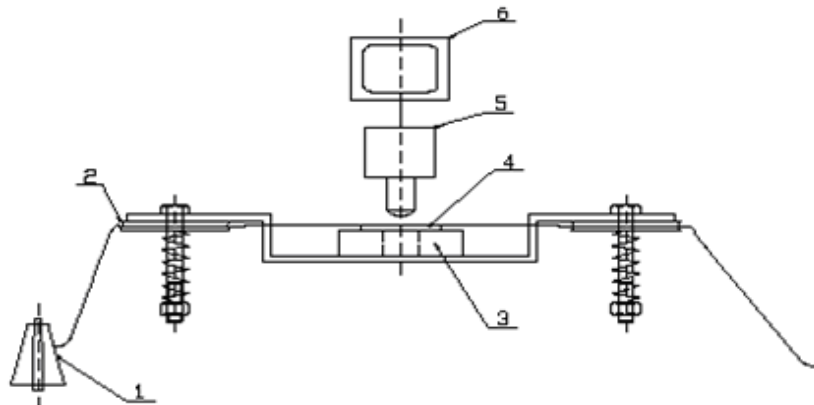
*Obr. 4: Obrazová analýza Lucia [4]*



### 3.4.1 Metoda podélných pohledů

Tato metoda se používá pro postup měření příčných rozměrů dvojmo skané příze a průměrů příze jednoduché. Využívá se v ní obrazové analýzy viz [4], kde získáváme obrazy v procházejícím světle. Světelné paprsky procházejí přízí a určují hranice mezi tělem příze a oblastí chlupatosti. Pak se obrazy vyhodnocují ve skriptu „skaná\_podélný.m“, který slouží k získání datového a grafického výstupu.

Příze je navedena do mostového vodiče připevněného na stolku mikroskopu, obrazy se snímají po různě dlouhých úsecích, aby se zabránilo zkreslení údajů možnými periodickými vadami. Zde je však nutné, aby příze byla na obraze dokonale svisle či vodorovně. U příze skané musíme navíc sejmout v každém obraze jak silné místo, tak i slabé viz kap. 3.4.2 [8].



Obr. 5: Schéma snímače [12]

1. cívka s přízí 2. kotoučová brzdička 3. mostový vodič 4. objektiv mikroskopu 5. kamera 6. monitor počítač

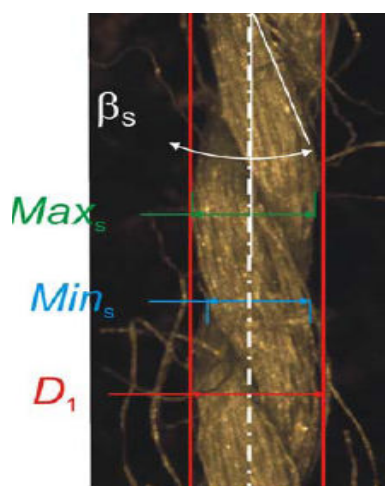
Snímané obrazy jsou zpracovány v prostředí Matlab.

Vstupní data:

- počátek názvu souboru
- počet obrazů
- formát obrazů
- kalibrace obrazů
- počáteční volba délky strukturního elementu [8].

Skript „skaná\_podélný.m“ nalezne na binárním obrazu dvojmo skané příze její nejdelší spojitý řádek a nejkratší spojitý řádek. Takto se zjišťují charakteristické hodnoty  $Max\ s$ ,  $Min\ s$  viz kap. 3.4.2. Parametr  $D_1$  program nalezne, vyhledáním nejbližšího a nejvzdálenějšího bodu těla příze vzhledem k počátku souřadnicového systému.

### 3.4.2 Charakteristické rozměry



Obr. 6: Reálná příze s vyznačenými rozměry  $Max\ s$ ,  $Min\ s$ ,  $D_1$  a úhlem  $\beta$  [8]

Při podélném pohledu se dvojmo skaná příze jeví jako útvar, u něhož se pravidelně střídají „silná“ a „slabá“ místa. „Silné“ místo na přízi  $Max\ s$  – tj. nejdelší kolmá vzdálenost mezi hranicemi příze, „slabé“ místo  $Min\ s$  – tj. nejkratší kolmá vzdálenost mezi hranicemi těla příze. I přesto, že je dvojmo skaná příze útvarem prostorovým, definování těchto dvou extrémů je důležité např. jako vstupní parametr pro určování zakrytí či prodyšnosti tkanin z dvojmo skaných přízí. Parametr  $D_1$  získáme viz kap.3.4.1. Jedná se o skutečný průměr nejmenšího válce, do něhož se dvojmo skaná příze vejde. V extrémním případě, je rozměr  $D_1$  roven  $Max\ s$ . V ostatních případech je  $D_1$  větší než  $Max\ s$ . Tento třetí parametr  $D_1$  definuje dvojmo skanou přízi jako prostorové těleso –aproximované do tvaru válce. Slouží tedy jako konstrukční parametr, kdy pro symetricky skanou přízi určuje poměr  $D_1/2$  vzdálenost os jednoduchých přízí v přízi dvojmo skané. Úhel, který svírá osa jednoduché příze s osou

dvojmo skané příze je  $\beta_s$ . Jeho výpočet je analogický k vyjádření úhlu sklonu vlákna na povrchu jednoduché příze k její ose [8].

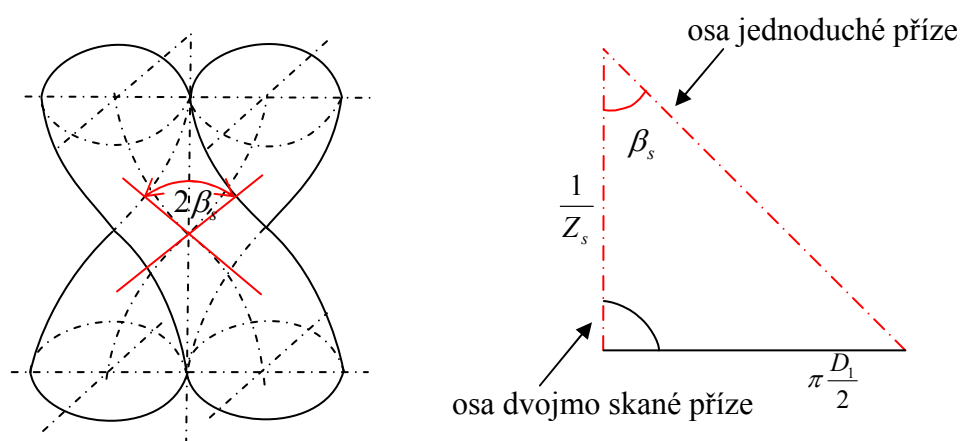
$$\operatorname{tg} \beta_s = \pi Z_s \frac{D_1}{2} \quad (15)$$

kde...  $Z_s$  ... skací zákrut [1/m]

$\pi$  ... Ludolfovo číslo

$\beta_s$  ... uhel sklonu tečny osy příze k ose skané příze

poměr  $\frac{D_1}{2}$  ... vzdálenost os jednoduchých přízí v přízi dvojmo skané



Obr. 7: Úhel sklonu tečny osy příze k ose skané příze

Pro určení  $D_1$  - průměru válce, do něhož se dvojmo skaná příze vejde, byly snímány obrazy zpracovány programem Matlab viz [9]

### 3.5 Souvislost geometrické struktury a mechanických vlastností skané příze

Obdobné zákonitosti jako zkrucování dvou multifilů stejné jemnosti ve skanou nit, můžeme konstatovat pro skanou přízi tvořenou dvěma jednoduchými přízemi stejné jemnosti. Předpokládáme-li šroubovicový model geometrického uspořádání vláken v přízi i osy jednoduché příze v přízi skané, můžeme obdobně vycházet při rozboru

zákrutové struktury z následujícího vztahu:

$$Z_s = \frac{Z_j}{S_s} + \Delta Z_s \quad (16)$$

$Z_s$  ..... konečná zákrutová hustota v přízi po skaní [ $\text{m}^{-1}$ ]

$Z_j$  .... počáteční zákrutová hustota v přízi [ $\text{m}^{-1}$ ]

$\Delta Z_s$  ... změna zákrutové hustoty v přízi při zpracování ve skanou přízi [ $\text{m}^{-1}$ ]

$S_s$  ..... koeficient seskání, vyjadřující změnu délky příze v důsledku skaní [7].

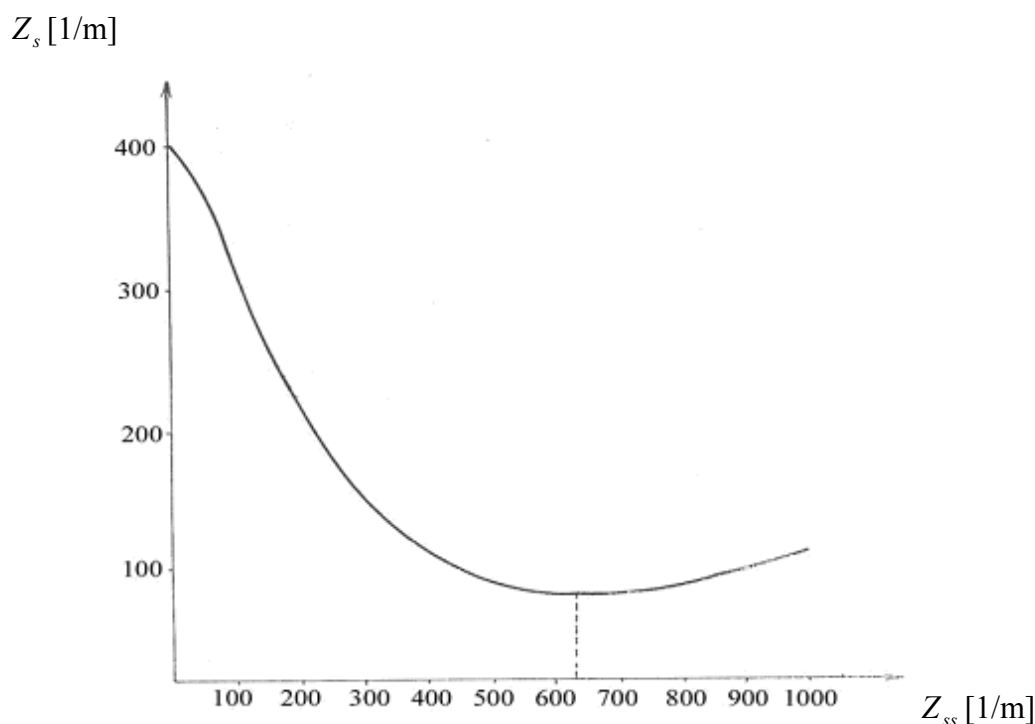
Další odvození vede ke konečnému vztahu:

$$Z_s = \frac{Z_j}{S_s} + \frac{Z_{ss}}{1 + \pi^2 d_s^2 Z_s^2} \quad (17)$$

$Z_{ss}$  ... skací zákrutová hustota [ $\text{m}^{-1}$ ]

$d_s$  ... průměr šroubovice osy jednoduché příze [m] [7].

Charakter závislosti  $Z_s$  na  $Z_{ss}$  při protisměrném přádním a skacím zákrutu vyplývá z diagramu viz Obr. 8.



Obr. 8: Zákrutová hustota příze po zakroucení ve skanou přízi v závislosti na skací zákrutové hustotě (protisměrný přední zákrut) [7]

Zvýšení poměrné pevnosti skané příze oproti jednoduché přízi má příčiny vedle vyrovnávacího účinku z hlediska hmotové nestejnoměrnosti i v uvedené příznivější geometrické struktuře vlákněného útvaru skané příze.

Z hlediska tažnosti má skaní příznivý důsledek v geometrické struktuře vlákněného útvaru skané příze, jak potvrzují následující vztahy:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_j}{\cos^2 \beta_s} \quad (18)$$

resp.

$$\varepsilon_s = \varepsilon_j \left[ 1 + \pi^2 \frac{D_1^2}{4} Z_s^2 \right] \quad (19)$$

$\varepsilon_s$  ..... poměrné protažení skané příze

$\varepsilon_j$  .... poměrné protažení jednoduché příze

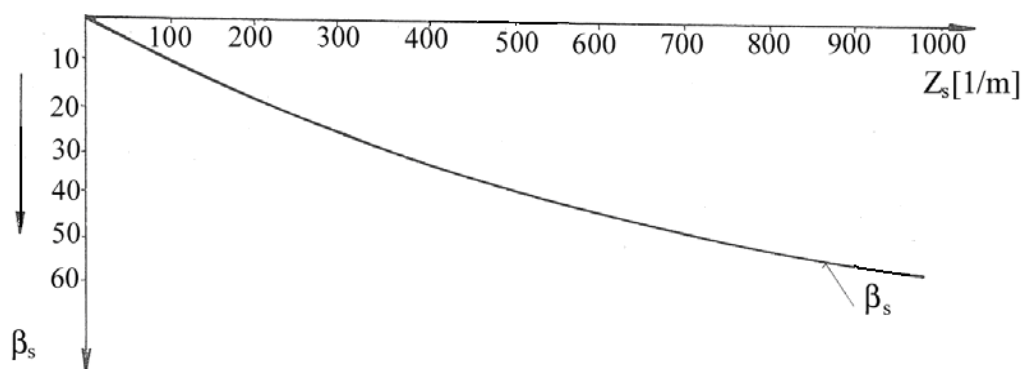
$\beta_s$  ..... úhel sklonu tečny osy příze k ose skané příze

$\frac{D_1^2}{4}$  ... poloměr šroubovice osy příze [m]

$Z_s$  .... skací zákrut [7].

Ze vztahů (18) a (19) vyplývá, že s rostoucí zákrutovou hustotou  $Z_s$  (v oblasti podkritických zákrutů) vznikají geometrické předpoklady pro zvýšenou hodnotu poměrného prodloužení skané příze v porovnání s přízí jednoduchou [7].

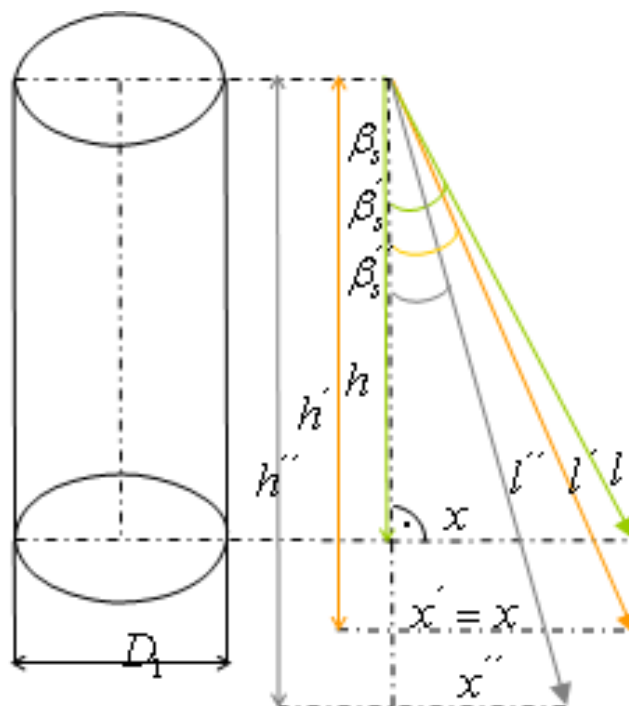
Vztah mezi geometrickou strukturou a vlastnostmi skané příze má praktický význam při hledání podmínek pro dosažení příznivé úrovně vybraných užitečných vlastností skané příze.



Obr. 9: Průběh sklonu úhlu  $\beta_s$ , v závislosti na skací zákrutové hustotě [7]

## TEORETICKÁ ČÁST

### 4 Tvorba modelů tažnosti dvojmo skané příze



Obr. 10: Předpoklad modelů bez kontrakce a s kontrakcí

$\beta_s \dots$  uhel sklonu osy jednoduché příze k ose skané příze bez kontrakce

$\beta'_s \dots$  uhel sklonu osy jednoduché příze k ose skané příze bez kontrakce

$\beta''_s \dots$  uhel sklonu osy jednoduché příze k ose skané příze s kontrakcí

$h, l \dots$  výška a délka příze bez kontrakce

$h', l' \dots$  výška a délka příze bez kontrakce

$h'', l'' \dots$  výška a délka příze s kontrakcí

## 4.1 Model bez kontrakce průřezu

Uvažujeme šroubovicový model s uloženými vlákny při zakrucování. Na základě modelové představy chceme zjistit tažnost dvojmo skaných přízí.

### Model01

$$\varepsilon_s \approx \varepsilon_j \quad (20)$$

- $\varepsilon_s$  je závislá na sklonu uhlu  $\beta_s$  v základním stavu, bez namáhání
- $\varepsilon_j$  - počítá se s jednoduchou přízí, když ji natahujeme [17].

### Modely 02,03 bez kontrakce

Se zvyšujícím zákrutovým koeficientem roste uhel sklonu  $\cos \beta_s$ .

Uvažujeme:

$$x = x', \quad x^2 = x'^2 \quad (21)$$

#### - tažnost dvojmo skané příze

$$\cos \beta_s = \frac{h}{l}, \quad \cos \beta'_s = \frac{h'}{l'} \quad (22)$$

$$\varepsilon_s = \frac{h' - h}{h} = \frac{h'}{h} - 1 \Rightarrow h' = h(1 + \varepsilon_s) \quad (23)$$

#### - tažnost jednoduché příze

$$\varepsilon_j = \frac{l' - l}{l} = \frac{l'}{l} - 1 \Rightarrow l' = l(1 + \varepsilon_j) \quad (24)$$



Pak po dosazení z předchozích vztahů:

$$\cos \beta_s' = \frac{h'}{l'} = \frac{h(1 + \varepsilon_s)}{l(1 + \varepsilon_j)} = \cos \beta_s \frac{(1 + \varepsilon_s)}{(1 + \varepsilon_j)} \quad (25)$$

Řešení rovnice s  $\cos \beta_s$  z předchozího vztahu:

$$\begin{aligned} l^2 - h^2 &= l'^2 - h'^2 \Rightarrow 1 - \frac{h^2}{l^2} = \frac{l^2(1 + \varepsilon_j)^2}{l^2} - \frac{h^2(1 + \varepsilon_s)^2}{l^2} \Rightarrow \\ \Rightarrow 1 - \cos^2 \beta_s &= (1 + \varepsilon_j)^2 - \cos^2 \beta_s (1 + \varepsilon_s)^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow 1 - \cos^2 \beta_s + \cos^2 \beta_s (1 + \varepsilon_s)^2 &= (1 + \varepsilon_j)^2 \end{aligned} \quad (26)$$

Z uvedeného vztahu (26), dále vyjádříme  $\varepsilon_j$ , tažnost jednoduché příze v přízi dvojmo skané:

### Model02

- Uvažuje se malé tažnosti, zanedbává určité parametry
- Vztah je zjednodušený,  $[\varepsilon_s^2]$ - vypouštíme

$$\varepsilon_j = \sqrt{1 + \cos^2 \beta_s [(1 + \varepsilon_s)^2 - 1]} - 1 = \sqrt{1 + \cos^2 \beta_s [2\varepsilon_s + \varepsilon_s^2]} - 1$$

možné zjednodušení:

$$2\varepsilon_s + \varepsilon_s^2 \cong 2\varepsilon_s$$

$$\sqrt{1 + 2\varepsilon_s \cos^2 \beta_s} \cong 1 + \varepsilon_s \cos^2 \beta_s$$

pak po dosazení dostaneme relativní prodloužení jednoduché příze:

$$\varepsilon_j \cong \sqrt{1 + 2\varepsilon_s \cos^2 \beta_s} - 1 \cong (1 + \varepsilon_s \cos^2 \beta_s) - 1 = \varepsilon_s \cos^2 \beta_s$$

Upravíme na tvar pro skanou přízi:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_j}{\cos^2 \beta_s} \quad (27)$$

- shodný se vztahem (18) viz kap. 3.5. [7]

### Model03

- Výsledky by měly vycházet podobně jako v předchozím případě
- Tady se ale počítá s členy, které byli v předchozím případě zanedbány
- Ve vztahu počítáme s  $[\varepsilon_s^2]$

Pro vyjádření tažnosti skané příze  $\varepsilon_s$  pokračujeme nadvázáním na vztah (26):

$$\Rightarrow (1 + \varepsilon_s)^2 = \frac{(1 + \varepsilon_j)^2 - 1 + \cos^2 \beta_s}{\cos^2 \beta_s} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varepsilon_s = \sqrt{\frac{(1 + \varepsilon_j)^2 - \sin^2 \beta_s}{\cos^2 \beta_s}} - 1$$

Vztah nabývá tvar:

$$\varepsilon_s = \sqrt{1 + \frac{2\varepsilon_j + \varepsilon_j^2}{\cos^2 \beta_s}} - 1 \quad (28)$$

Z uvedeného vztahu (28) viz model03, vyplývají zřejmé předpoklady pro zvýšení tažnosti skané příze v porovnání s přízí jednoduchou, na což má vliv rostoucí zákrutová hustota příze  $Z_s$ .

Potvrzení faktu bude dále v experimentální části práce.

následně:

**Vliv úhlu  $\cos \beta_s$  na tažnost skané příze:**

$\cos \beta_s$  ... uhel, který svírá osa jednoduché příze s osou skané příze viz kap. 3.4.2

Významným faktorem, který ovlivňuje tažnost skané příze je uhel  $\cos \beta_s$ .

S rostoucím uhlem  $\cos \beta_s$  se zvětšuje složka síly, kterou přenáší jednoduchá příze:

Pro aplikaci šroubovicového modelu můžeme použít vztah:

Úhel  $\cos \beta_s$ :

$$\cos \beta_s = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta_s}} \Rightarrow \quad (29)$$

$$\Rightarrow \operatorname{tg} \beta_s = \pi \frac{D_1}{2} Z_s \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos \beta_s = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D_1}{2} \pi Z_s\right)^2}} \quad (30)$$

Vliv faktoru  $\cos \beta_s$  je nutno uvažovat při objasňování vlastností skané příze, jako je pevnost a tažnost, neboť tyto vlastnosti významným způsobem ovlivňuje. Složitost je dána důsledky komplexů vlivů, který je vyvolán procesem skaní.

## **4.2 Model s kontrakcí průřezu**

Máme následující představu o chování jednoduché příze k dvojmo skané přízi v okamžiku jejího přetrhu viz obr. 10.

**- tažnost dvojmo skané příze**

$$\varepsilon_s = \frac{h'' - h}{h} = \frac{h''}{h} - 1 \Rightarrow h'' = h(1 + \varepsilon_s) \quad (31)$$

**- tažnost jednoduché příze**

$$\varepsilon_j = \frac{l'' - l}{l} = \frac{l''}{l} - 1 \Rightarrow l'' = l(1 + \varepsilon_j) \quad (32)$$

pak:

$$\cos \beta_s'' = \frac{h''}{l''} = \frac{h(1 + \varepsilon_s)}{l(1 + \varepsilon_j)} = \cos \beta_s \frac{(1 + \varepsilon_s)}{(1 + \varepsilon_j)} \quad (33)$$

**Model04**

Zavedeme zjednodušující předpoklad:

$$k \geq 1 \quad (34)$$

$$x'' = \frac{x}{k}, \text{ pak } x = kx'', \quad x^2 = (kx'')^2 \quad (35)$$

 $k$  ... koeficient závislý na  $Z_s, T_j, Z_j$  $Z_s$  ... skací zákrut $T_j$  ... jemnost jednoduché příze $Z_j$  ... zákrut jednoduché příze-  $k$ , nám určuje o kolik je  $x''$  menší než původní  $x$ - když se  $k = 1$ , pak  $x'' = x'$ -  $k$ , souvisí s Poissonovým poměrem  $\nu = -\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_p}$  $\varepsilon_r$  ... poměrné zúžení $\varepsilon_p$  ... poměrné protažení

Uhel sklonu příze při kontrakci:

$$\cos^2 \beta_s'' = \frac{h^2}{l^2} \quad (36)$$

$$\sin^2 \beta_s = -\cos^2 \beta_s + 1 \quad (37)$$

Následně počítáme:

$$l^2 - h^2 = k^2 [l'^2 - h'^2] \Rightarrow l^2 - h^2 = k^2 [l^2 (1 + \varepsilon_j)^2 - h^2 (1 + \varepsilon_s)^2] =$$

$$1 - \frac{h^2}{l^2} = k^2 [(1 + \varepsilon_j)^2 - \cos^2 \beta_s (1 + \varepsilon_s)^2] =$$

$$1 - \cos^2 \beta_s = k^2 [(1 + \varepsilon_j)^2 - \cos^2 \beta_s (1 + \varepsilon_s)^2] =$$

$$1 - \cos^2 \beta_s = k^2 (1 + \varepsilon_j)^2 - k^2 \cos^2 \beta_s (1 + \varepsilon_s)^2 \Rightarrow (1 + \varepsilon_j)^2 =$$

$$= \frac{1 - \cos^2 \beta_s}{k^2} + \cos^2 \beta_s (1 + \varepsilon_s)^2 =$$

$$(1 + \varepsilon_s)^2 = \frac{(1 + \varepsilon_j)^2 - \frac{1 - \cos^2 \beta_s}{k^2}}{\cos^2 \beta_s} = \frac{k^2 (1 + \varepsilon_j)^2 - (1 - \cos^2 \beta_s)}{k^2 \cos^2 \beta_s} =$$

$$(1 + \varepsilon_s)^2 = \frac{k^2 (1 + \varepsilon_j)^2 (-\cos^2 \beta_s + 1)}{k^2 \cos^2 \beta_s} = \frac{k^2 (1 + 2\varepsilon_j + \varepsilon_j^2) \sin^2 \beta_s}{k^2 \cos^2 \beta_s} =$$

$$= \frac{k^2 + 2k^2 \varepsilon_j + k^2 \varepsilon_j^2 - \sin^2 \beta_s}{k^2 \cos^2 \beta_s}$$

$$\varepsilon_s = \sqrt{\frac{k^2 + 2k^2 \varepsilon_j + k^2 \varepsilon_j^2 - \sin^2 \beta_s}{k^2 \cos^2 \beta_s}} - 1$$

Vztah nabývá tvar:

$$\varepsilon_s = \frac{1}{k \cos \beta_s} \sqrt{k^2 (1 + \varepsilon_j)^2 - \sin^2 \beta_s} - 1 \quad (38)$$

Smyslem představy jednotlivých modelů je zjistit o kolik je větší tažnost dvojmo skané příze v porovnání s přízi jednoduchou, o kolik se zmenší uhel zakrucování  $\cos \beta_s$  při tahovém namáhání u modelů s kontrakcí a bez kontrakce a hlavně vliv skacích zákrutů na tažnost dvojmo skané příze.

Při určení hodnoty  $k$ , která by se ve vztahu (38) pro model04 nejvíc uplatnila vzhledem k co nejvyšší docílené tažnosti, bylo počítáno s hodnotami od 1 až po hodnotu, kde se tažnost ustálila při všech zákrutech. Při postupném dosazování hodnot za  $k=1,2,3,4,\dots$  atd., se hodnoty ustálily u všech jemnosti na hodnotě  $k=200$ . Pro porovnání výsledních hodnot ze vztahu (38), se pro všechny jemnosti porovnává tažnost s experimentem viz experimentální část.

Tab. 1: Výsledky hodnot  $k$ , u příze česané jemnosti 2x10tex

Model04, 2x10[tex], k=	4	5
Zs jm [1/m]	$\varepsilon_s$ [%]	$\varepsilon_s$ [%]
370	3,61	4,75
425	4,00	5,14
486	4,74	5,89
537	5,71	6,87
601	6,51	7,68

V tabulce 1., se pohybují hodnoty tažnosti u modelu04 s  $k=4$  od 3,61% po 6,51%, od zákrutové hustoty 370[1/m] po 601[1/m]. Postupním přidáváním hodnoty  $k$  se tažnost zvyšuje.

Tab. 2: Výsledky hodnot  $k$ , u příze česané jemnosti 2x25tex

Model04, 2x25[tex], $k=$	4	5
Zs jm [1/m]	$\epsilon_s[\%]$	$\epsilon_s[\%]$
370	5,08	6,21
425	5,59	6,82
486	6,37	7,52
537	7,47	8,62
601	8,51	9,68

Pro jemnost 2x25tex, se v tab.2. hodnoty tažnosti mění v porovnání s hodnotami u nižších jemností. Tažnost se zde pohybuje od 5,08% u  $k=4$  se zákrutovou hustotou 370[1/m], až po 8,51% se zákrutovou hustotou 601[1/m].

Tab. 3: Výsledky hodnot  $k$ , u příze česané jemnosti 2x29,5tex

Model04, 2x29,5[tex], $k=$	3	4
Zs jm [1/m]	$\epsilon_s[\%]$	$\epsilon_s[\%]$
370	5,90	8,43
425	5,97	8,50
486	7,84	10,42
537	9,77	12,39
601	9,72	12,34

U jemnosti 2x29,5tex viz tab.3., se hodnoty tažnosti pohybují od 8,43% u  $k=4$  se zákrutovou hustotou 370[1/m], až po 12,34% se zákrutovou hustotou 601[1/m].

Tab. 4: Výsledky hodnot  $k$ , u příze mykané jemnosti 2x42tex

Model04, 2x42[tex], $k=$	2	3	4
Zs jm [1/m]	$\epsilon_s[\%]$	$\epsilon_s[\%]$	$\epsilon_s[\%]$
300	1,33	8,89	11,41
370	2,01	9,62	12,16
425	5,77	13,65	16,29
486	5,91	13,81	16,45
537	7,08	15,06	17,73
601	9,69	17,87	20,6
681	12,31	20,69	13,48
783	20,35	29,32	32,32
861	27,45	36,96	40,13
1014	29,33	38,97	42,19



V tabulce 4., s jemností 2x42tex, se pohybují hodnoty tažnosti od 11,41% u  $k=4$  se zákrutovou hustotou 300[1/m], až po 42,19% se zákrutovou hustotou 1014[1/m]. Vidíme výrazný nárůst tažnosti se zvyšující se zákrutovou hustotou.

Tab. 5: Výsledky hodnot  $k$ , u příze mykané jemnosti 2x50tex

Model04, 2x50[tex], k=	2	3	4
Zs jm [1/m]	$\xi_s$ [%]	$\xi_s$ [%]	$\xi_s$ [%]
300	0,61	8,12	10,63
370	3,75	11,5	14,09
425	4,62	12,44	15,05
486	7,91	15,98	18,67
537	9,91	18,12	20,86
601	11,88	20,24	23,03
681	11,79	20,14	22,93
783	16,6	25,31	28,22
861	23,19	32,39	35,47
1014	34,93	45,02	48,38

U jemností 2x50tex viz tab.5., se je nárůst tažnosti taky viditelná s přibývajícím zákrutovou hustotou. Tažnost se zde pohybuje od 10,63% se zákrutovou hustotou 300[1/m], až po 48,38% u  $k=4$  se zákrutovou hustotou 1014[1/m].

Pro následující experimentální část, bylo u všech jemností pro model04 dosazováno do vztahu (38) za  $k=4$ . Následně pro porovnání modelů s experimentem se pro každou jemnot dosadila za  $k$  hodnota, u které se výsledky tažnosti nejvíc přiblížili experimentu i z hlediska významnosti.

	- hodnota koeficientu $k=4$ , pro všechny jemnosti příze
	- změna koeficientu $k$



## EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 5. Prověřování modelů na experimentálních datech

Analýza vlastností skaných přízí se neobejde bez aplikace modelů společně s experimentálním ověřením u přízí mykaných a česaných o různé jemnosti a různém skacím zákrutu.

Experiment je rozdělen do dvou částí. V první části jsou výsledné hodnoty z měření parametrů dvojmo skané příze, na základě kterých se pak odvíjí druhá část experimentu a tou je porovnávání modelů tažnosti vytvořených v teoretické části práce.

#### 5.1 Měření dvojmo skané příze

Měření byly dvojmo skané příze 100% bavlněné, česané příze o jemnosti 10tex, 25tex, 29,5tex a příze mykané o jemnosti 42tex a 50tex. Míra zakroucení se pohybovala od 370[Z/m] až 601[Z/m] u příze česané a od 300[Z/m] až 1014[Z/m] u příze mykané. Před měřením byly příze klimatizovány (dle norem). Bavlněné příze byly vybrány pro porovnání parametrů co do jemností, tažností a zákrutů na základě prstencové technologie těchto skaných přízí.

##### 5.1.1 Měření jemnosti příze

Jemnost dvojmo skané příze je vyjádřena pomocí jednoduché příze a příslušného seskání [3]. Byla měřena pásmovou metodou dle ČSN EN ISO 2060 [16], na principu přesného odměření délky příze a jejím přesným zvážení. Vyjádřena pak dle vztahu (4) viz kap. 3.3.3.

Tab. 6: Jemnost přízí

Jed.příze,100% ba- technologie	MYK	MYK	ČES	ČES	ČES
Tj [tex]	40	50	10	25	29,5

### 5.1.2 Měření zákrutu příze

Počet zákrutů byl zjišťován pomocí zákrutoměru, přímou metodou dle ČSN EN ISO 2061 [15]. Počet zkušebních vzorků byl 25 pro každou jemnost příze. Počet zákrutů je vyjádřen v zákrutech na metr ze vztahu (11).

Tab. 7: Zadané příze

Jed.příze,100% ba-technologie	MYK	MYK	ČES	ČES	ČES
Tj [tex]	40	50	10	25	29,5
Zs jmenovitý[1/m]	300	300	370	370	370
	370	370	425	425	425
	425	425	486	486	486
	486	486	537	537	537
	537	537	601	601	601
	601	601			
	681	681			
	783	783			
	861	861			
	1014	1014			

Tab. 8: Změřené příze mykané

Jed.příze,100% ba-technologie	MYK		MYK	
Tj [tex]	40	IS	50	IS
Zs skutečný[1/m]	376	7,08	300,8	5,39
	381,12	4,70	389,92	6,62
	483,2	6,53	417,76	7,03
	502,08	7,22	493,12	6,51
	529,92	7,71	556,8	8,01
	613,44	7,28	602,08	31,05
	700,96	11,49	788,64	6,07
	910,65	7,68	842,56	15,78
	1047,84	21,12	986,88	16,10
	1161,6	16,45	1198,08	28,99

Tab. 9: Změřené příze česané

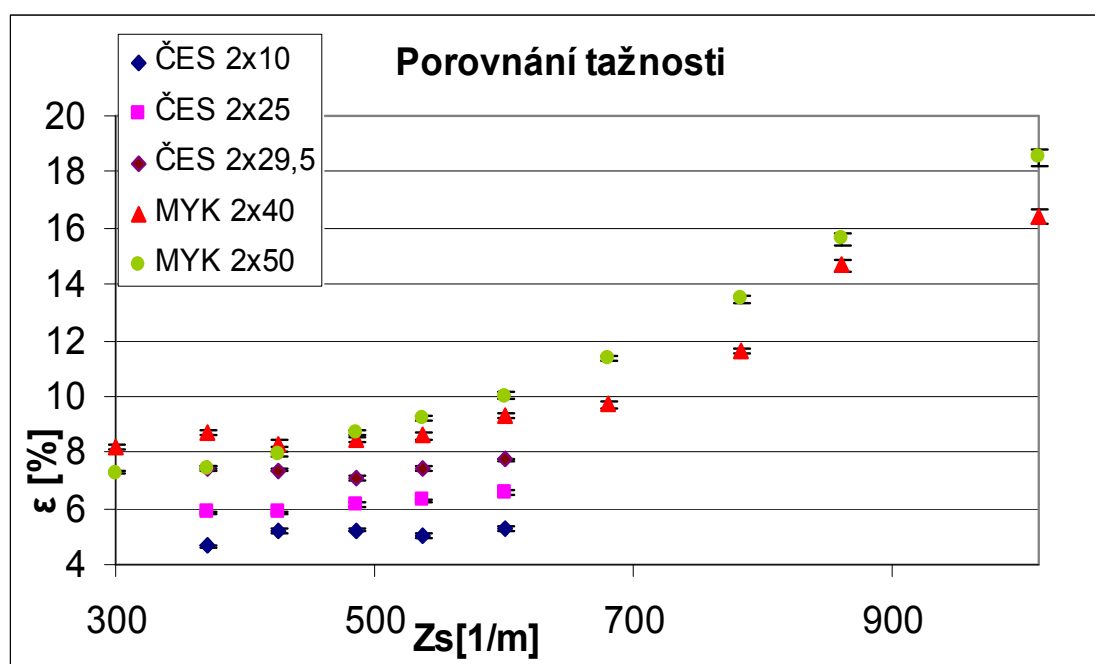
Jed.příze,100% ba-technologie	ČES		ČES		ČES	
Tj [tex]	10	IS	25	IS	29,5	IS
Zs skutečný[1/m]	394,72	8,64	378,24	6,68	393,12	3,85
	419,2	8,73	407,36	6,29	423,67	4,57
	480,48	6,77	462,72	5,76	496	5,41
	539,36	11,86	524,48	6,72	552,83	7,26
	596,16	10,16	581,44	9,29	610,83	8,45

Z výsledních hodnot zákrutů viz. tabulka 8., a 9., je zřejmé, že se intenzita zakrucování mění v závislosti na jemnosti příze.

### 5.1.3 Měření tažnosti příze

Tažností se rozumí celkové poměrné prodloužení při přetržení viz vztah (14). Pro zjišťování tažnosti dle ČSN EN ISO 2062 [14], používáme trhací přístroj se stálou rychlostí deformace, kde je prodloužení vzorku během zkoušky přímo úměrné času. Bavlněné příze vykazují přímočarou závislost síla – protažení [13]. Výsledné hodnoty tažnosti byly vypočítány na základě 50 měření pro každou přízi.

Z výsledných hodnot, viz příloha č.1, vyplývá, že s přibývajícím počtem zákrutů se zvyšuje tažnost příze. U příze s jemností 2x50tex je tažnost v porovnání s přízí o jemnosti 2x10tex zhruba až o polovinu větší. Seskáním přízí dochází k růstu hmotnosti na jednotku délky.



Obr. 11: Vliv skacích zákrutů na tažnost dvojmo skaných přízí

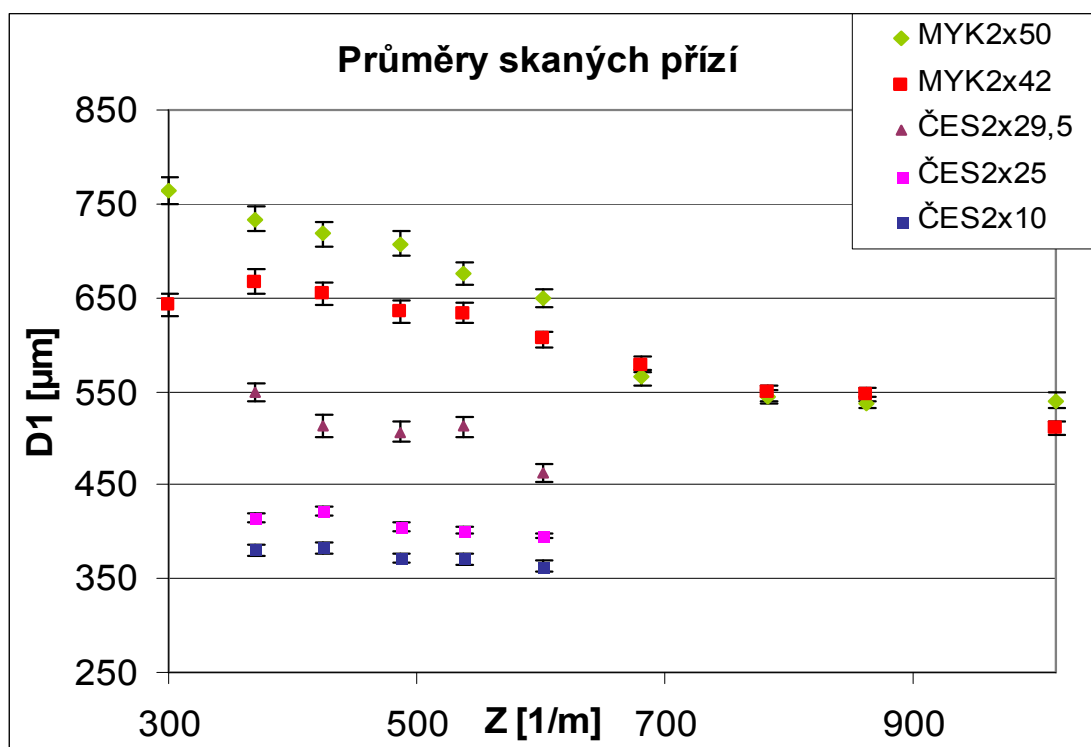
Na obrázku 11. jsou znázorněny výsledné hodnoty s tažností měřených přízí. Z výsledků tažností je vidět, že vyšší tažnost mají příze mykané. Tyto příze jsou poměrně pevné, což je zřejmé ze zákrutové hustoty, kde platí, že s vyšším počtem zákrutů je příze pevnější a taženější. Mají tvrdý omak, vyznačují se velkou chlupatostí. Bavlnářské příze česané jsou tenké, chlupy odstávají z povrchu, omezují pevnost a způsobují nestejnoměrnosti zejména u jemnějších přízí.

#### 5.1.4 Měření průměru příze

V systému obrazové analýzy viz kap. 3.4, bylo snímáno 110 obrazů, které byly následně zpracovány programem Matlab. Cílem snímání podélných pohledů viz kap.3.4.1, byl výpočet průměrů  $D_1$  dvojmo skaných přízí viz kap.3.4.2.

Na obrázku 12, je graf výsledných hodnot průměrů  $D_1$  viz příloha č.2, kde vidíme mírné klesání průměrných hodnot u přízí česaných jemnosti 2x10 a 2x25tex. U těchto jemnějších přízí je míra klesání pozvolná z důsledků méně vláken v řezu a tím nižší možnost stlačení přízí k sobě. Naopak u přízí hrubších mykaných o jemnosti 2x42

a 2x50tex, které jde lépe stlačit, je míra jejich klesání větší. Výraznější pokles vidíme u zákrutu 788,64 příze mykané o jemnosti 2x50tex. V této úrovni se průměry začínají pohybovat v oblasti hodnot průměrů příze slabší česané, jemnosti 2x29,5tex a zákrutové hustoty 393,12 a 423,67 [m<sup>-1</sup>].



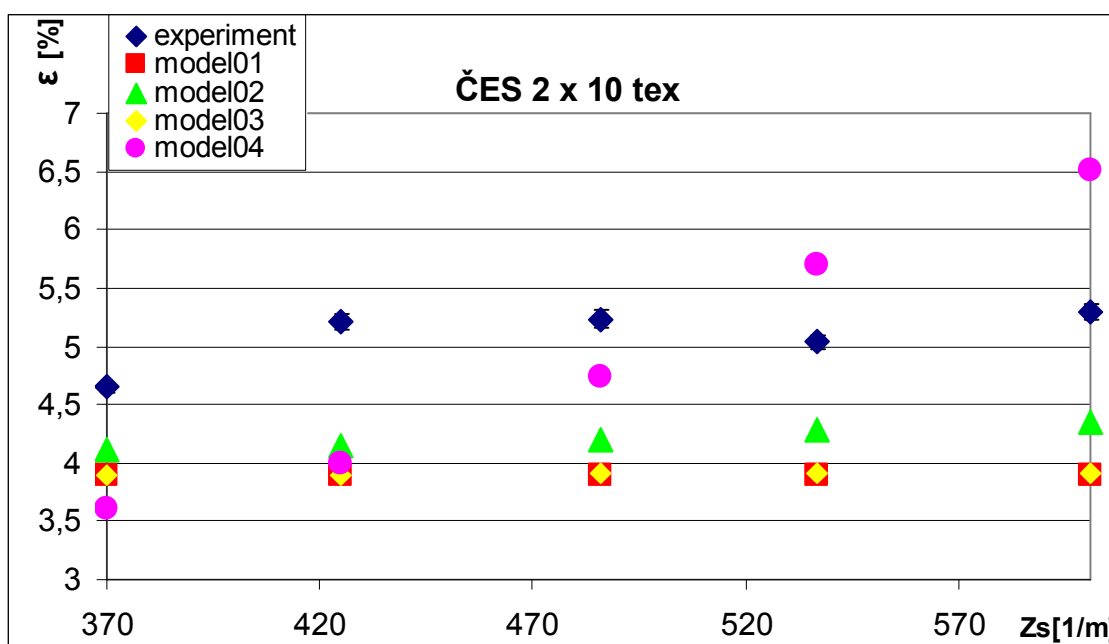
Obr. 12: Výsledné hodnoty průměrů u dvojmo skaných přízí o různé jemnosti a různé míře zakroucení

## 5.2 Modely porovnané s experimentem

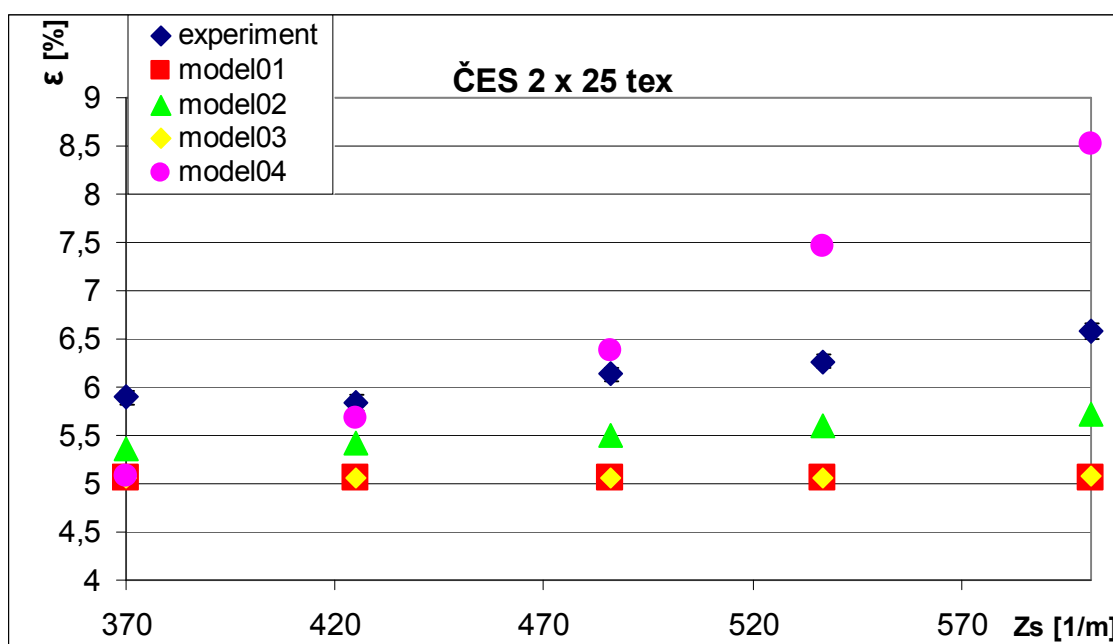
V této části jsou teoretické modely viz kap.4, prověřeny na základě výsledků experimentálních hodnot viz kap.9.

Byly vytvořeny samostatné grafy se všemi modely tažnosti dvojmo skané příze, zvlášť pro příze česané 2x10, 2x25, 2x29,5tex a mykané 2x42 a 2x50tex. Na obrázku 13. až 17. sledujeme, který model se nejvíc přiblíží experimentu tj., který model tažnosti dvojmo skané příze jestli s kontrakcí nebo bez kontrakce, se nejvíc rovná tažnosti příze skané.

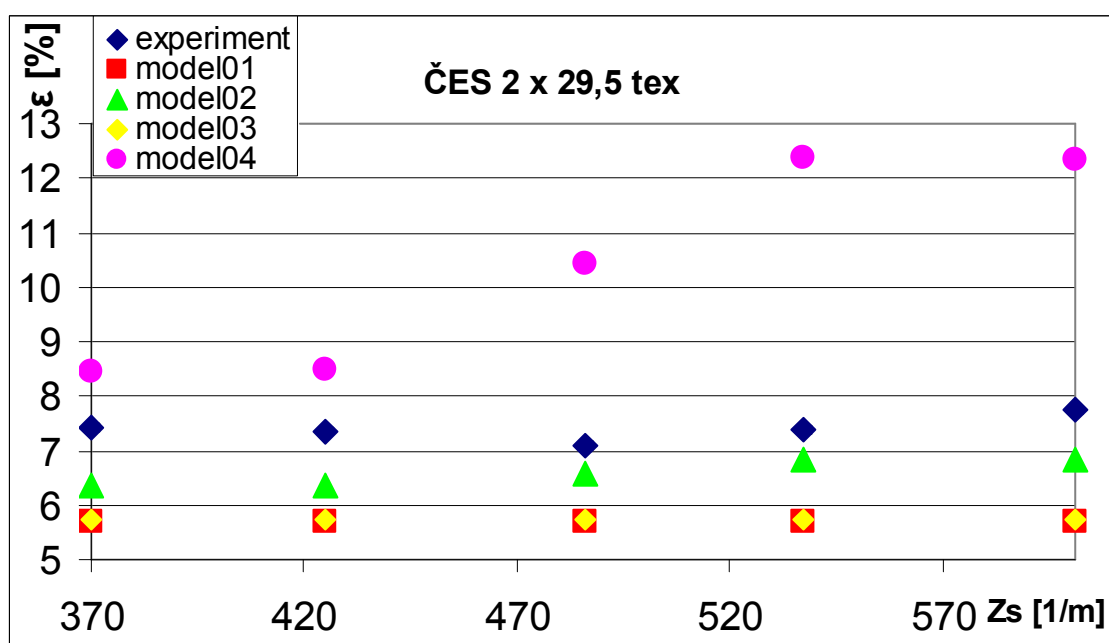
Pro statistické porovnávání modelů byly hodnoty zpracovány programem QC.Expert.



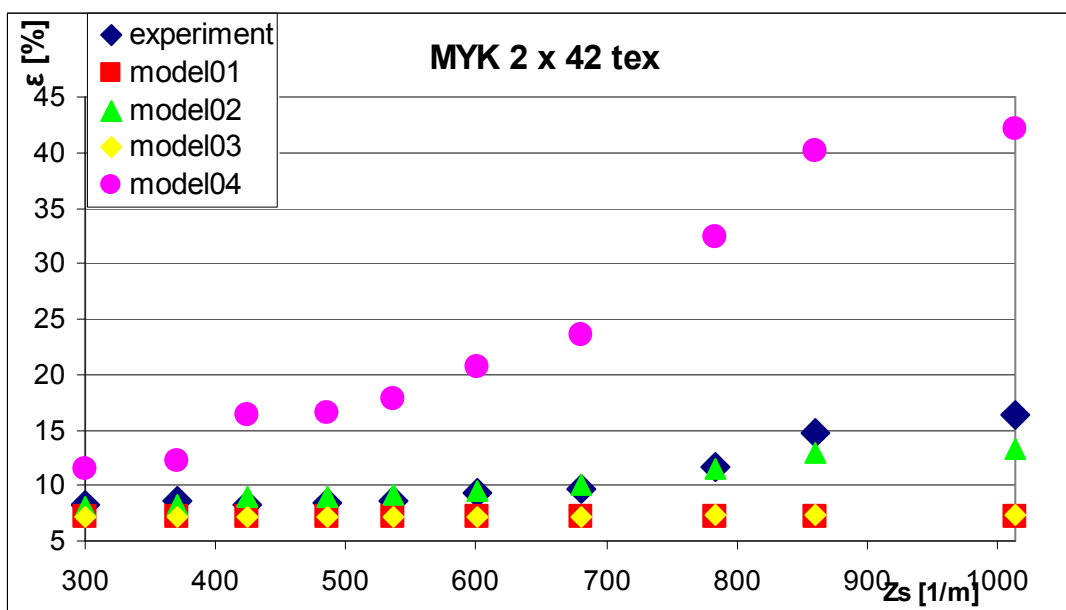
Obr. 13: Modely tažnosti před úpravou u příze mykané 2x10tex



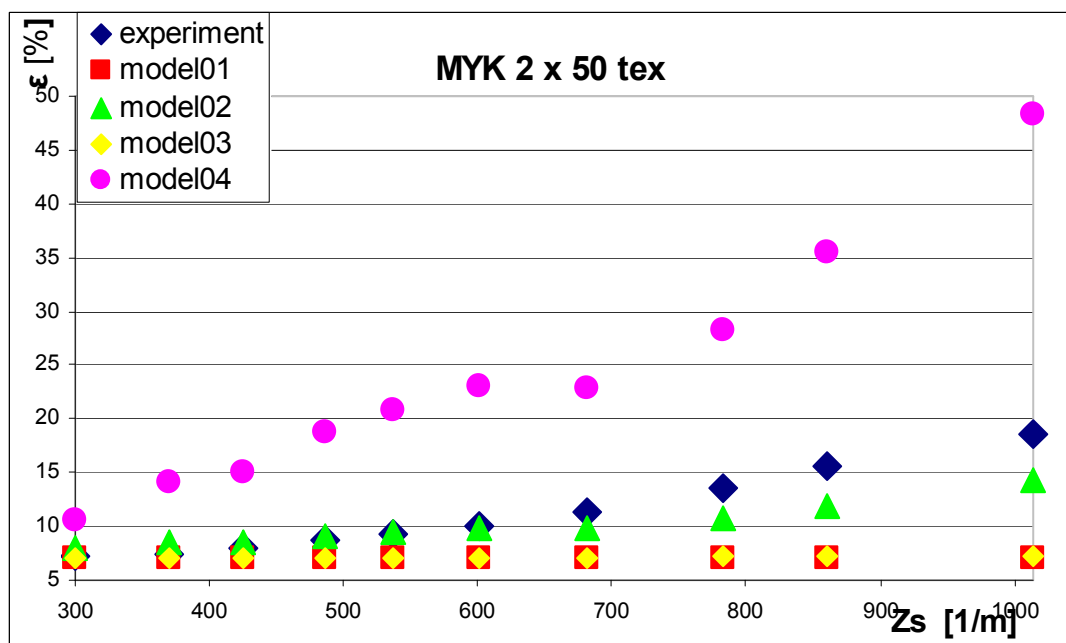
Obr. 14: Modely tažnosti před úpravou u příze mykané 2x25tex



Obr. 15: Modely tažnosti před úpravou u příze mykané 2x29,5tex



Obr. 16: Modely tažnosti před úpravou u příze mykané 2x42tex



Obr. 17: Modely tažnosti před úpravou u příze mykané 2x50tex



### 5.3 Párové porovnání

Porovnávaly se modely pro každou jemnost příze samostatně. Tento modul je určen pro podrobnou analýzu dvou datových souborů (výběrů).

Párové porovnání analyzuje jeden a týž soubor měřený dvakrát za dvou různých podmínek. Cílem je rozhodnout, zda tyto podmínky ovlivňují měřenou hodnotu. Při tom se především posuzuje, zda střední hodnota rozdílu první a druhé proměnné je statisticky odlišná od nuly.

Slouží především k rozhodnutí, zda dva soubory naměřených dat mají:

- a) shodná rozdělení
- b) shodné střední hodnoty a rozptyly.

Do dialogového panelu je nutno zadat sloupce s 1. a 2. proměnnou. Pro porovnávání modelů byla zvolená hladina významnosti 0,05 což je 5%. Analýzu lze provést pro všechna data, nebo jen označená či neoznačená data.

Závěr porovnání je formou slovní formulace textu, kde jsou rozdíly VÝZNAMNÉ anebo NEVÝZNAMNÉ.

Pravděpodobnost odpovídá hladině významnosti, na níž by byla hypotéza o významnosti difference právě zamítnuta.

Na základě párového porovnání se zjistilo, který model je svou významností vyhovující pro experiment viz tabulky v příloze č.5.

### 5.4 Změna hodnot koeficientu $k$

Z výsledných hodnot modelů tažnosti 02, 03 a 04 viz kap.5.2 a příloha č.4, můžeme za nejvíc významný model považovat model02 u silnějších přízí mykaných 2x42tex a 2x50tex a model04, který se osvědčil v porovnání s hodnotami experimentu u slabších přízí česaných s jemností 2x10tex a 2x25tex.

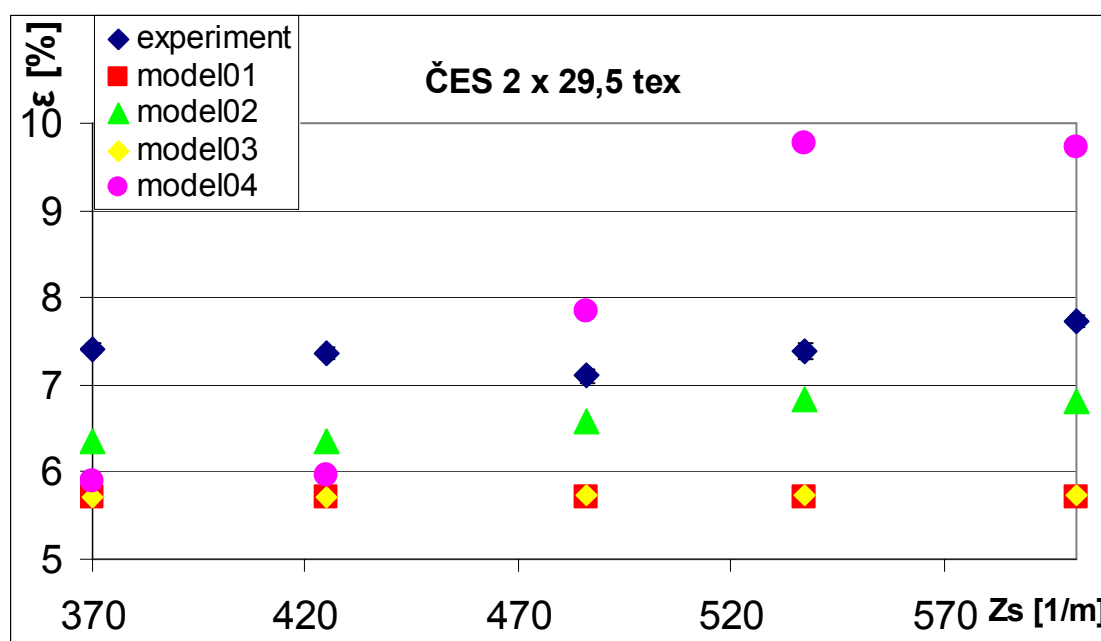
Pro docílení větší významnosti, byla za  $k$  ve vztahu (38) dosazena hodnota, která pak ovlivnila výsledky modelu04 tak, aby se svou výslední tažností co nejvíc přiblížili experimentu.

Pro jemnost 2x10tex a 2x25tex se do vztahu (38) za  $k$  dosadila hodnota 4, teda zůstala svou významností nezměněná. U česané příze s jemností 2x29,5tex se za  $k$

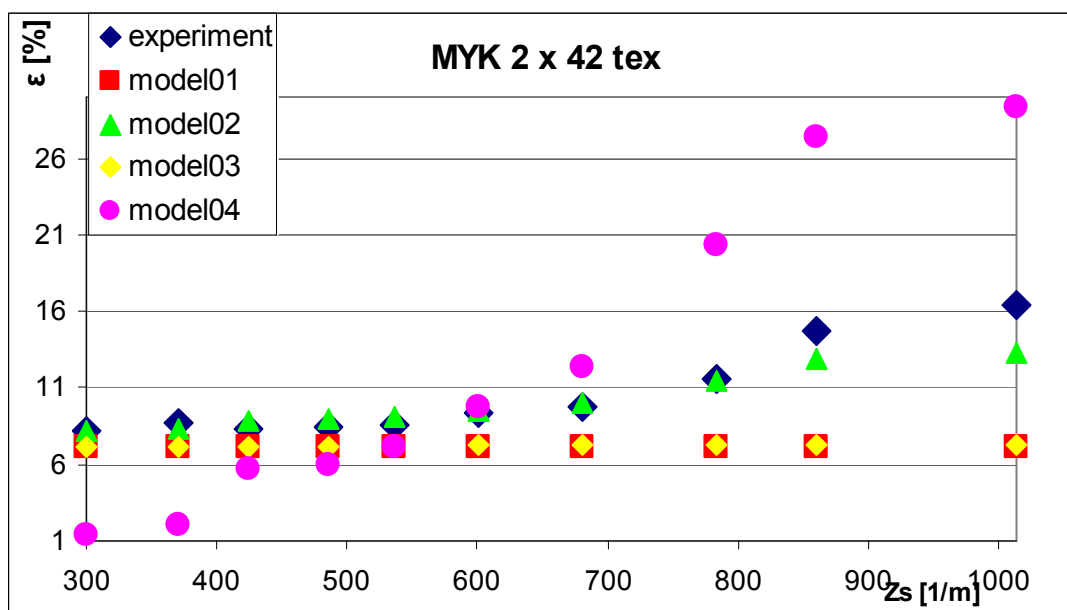
dosadila hodnota 3 a pro příze silnější o jemnosti 2x42tex a 2x50tex to byla hodnota  $k=2$  viz kap. 4.2.

### 5.5 Model s kontrakcí po změně koeficientu $k$

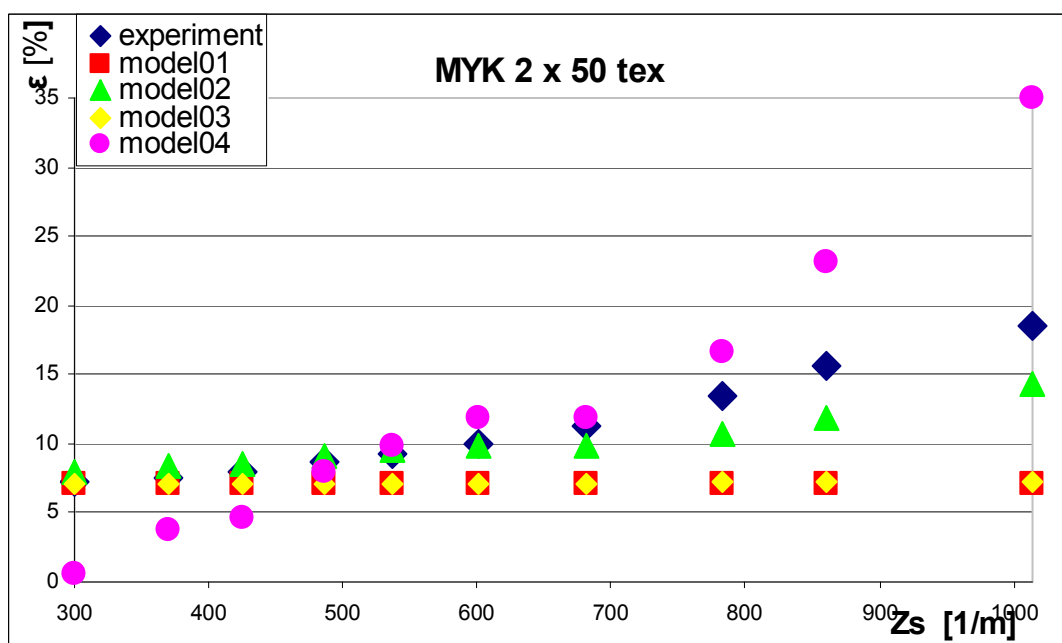
Změna hodnot koeficientu, měla kladný vliv z hlediska přiblížení se hodnotám experimentu viz obr.18. – obr. 20. Koeficient se neměnil u přízí česaných s jemnoti 2x10tex a 2x25tex. Tam byla hodnota  $k=4$  ponechána, na základě významnosti výsledných hodnot. Hodnoty byly zpracovány v programu QCExpert na základě párového porovnání viz kap.5.3.



Obr. 18: Modely tažnosti po úpravě u příze česané 2x29,5tex



Obr. 19: Modely tažnosti po úpravě u příže česané 2x42tex



Obr. 20: Modely tažnosti po úpravě u příže česané 2x29,5tex

## 6 Diskuze výsledků

Na základě výsledných hodnot vedeme diskuzi o modelech tažnosti, jejichž tvorbě předcházelo měření parametrů dvojmo skaných přízí. Vycházíme z hodnot viz tab. 8., 9., zákrutové hustoty, kde je vidět jakou roli hraje jemnost příze při tvorbě zákrutů. Z výsledků pro tažnost viz obr.11 vidíme, že se zvyšující se zákrutovou hustotou roste tažnost příze viz příloha č.1.

V porovnání s jednoduchou přízí se tažnost skaním příze zvyšuje. Z obrázků 13. až 15., můžeme posoudit, že u slabších přízí česaných, jenom model04 svými hodnotami napodobil chování experimentu, nejvíc však u slabších přízí česaných s jemností 2x10tex a 2x25tex. Se zvyšující jemností, se zvyšuje i tažnost a modely se začínají přibližovat experimentálním hodnotám v oblasti se zákrutovou hustotou od 425[1/m] do 537[1/m]. U přízí jemnosti 2x42tex a 2x50tex, se nejvíc experimentu přiblížil model02, hlavně v oblasti se zvyšující se zákrutovou hustotou 681[1/m] až po 1014[1/m]. Model03 se osvědčil společně s modelem02 a 04 v porovnání s experimentem u přízí mykaných v oblasti s nižší zákrutovou hustotou od 300[1/m] do 608[1/m]. Z výsledných hodnot tažnosti všech modelů viz příloha č.4 vidíme, že se příze protáhne nejvíc vlivem narůstající zákrutové hustoty.

Z výsledných hodnot na základě párového porovnání byly hodnoty modelů viz příloha č.4, prověřovány z hlediska významnosti rozdílu od experimentálních hodnot. V kapitole 5.2 a 5.5 jsou na obrázcích graficky znázorněné modely, kde vidíme chování modelů v porovnání s experimentem.

Pro docílení největšího přiblížení se k experimentálním hodnotám, byla provedena změna koeficientu  $k$  u modelu04, což se pozitivně projevilo v chování modelu u všech přízí s vyšší jemností. S narůstající jemností byla za koeficient dosazována postupně nižší hodnota. U jemnosti 2x10tex a 2x25tex se pro model04 koeficient neměnil proto, že byl nejbliž hodnotám experimentu právě s koeficientem  $k=4$  viz obr. 13., 14. Změna hodnot koeficientů  $k=3$  u příze 2x29,5tex a  $k=2$  u přízí mykaných, byla významná v porovnání s hodnotami experimentu.

## 7 Závěr

Práce je zaměřená na dvojmo skanou přízi, její strukturu, technologii výroby příze, její vlastnosti a způsoby skaní. V souvislosti s geometrií příze je vyjádřen vztah zákrutové hustoty příze.

Cílem práce bylo experimentální vyhodnocení teoretické části, která byla zaměřena na tvorbu modelů tažnosti dvojmo skaných přízí. Sledovaly se změny struktury vlivem tahového namáhání příze a hlavně vliv zákrutové hustoty na tažnost dvojmo skané příze. Experimentu předcházelo zjišťování základních parametrů skané příze, dále snímání obrazů. U dvojmo skaných bavlněných přízí bylo pro každou jemnost nasnímáno 110 obrazů. K tomuto počtu obrazů se dospělo na základě odstranění vybočujících hodnot měření ze souborů dat středních hodnot charakteristických rozměrů u skané příze. Příze byly měřeny obrazovou analýzou viz kapitola 3.4 a hodnoty zpracovány programem Matlab viz kapitola 3.4.1.

Na základě výsledků experimentálních měření bylo popsáno chování bavlněné dvojmo skané příze o různé jemnosti a různé zákrutové hustotě viz diskuze. S přidávajícím počtem zákrutů se měnil charakter příze a docházelo ke klesání hodnot průměrů vlivem stlačení a tím rostoucího zaplnění příze. Zákrutový koeficient je důležitou mírou v technologii předení, proto zohledňuje počet zákrutů vzhledem k jemnosti příze.

Dalším úkolem bylo prověření teoretických modelů tažností dvojmo skaných přízí na experimentálních datech. Vztahy teoretických modelů vycházely z parametrů příze dvojmo skané viz kap. 3.3.

Pozornost se věnovala modelům a jejich významnosti vzhledem k experimentálním hodnotám. Programem QC.Expert viz kapitola 5.3. bylo provedeno párové porovnání. Na základě párového porovnávání byla hodnocená každá příze samostatně s hladinou významnosti 5% viz příloha č.5. Zjistilo se, že z hlediska významnosti jsou pro experiment vyhovující model02 pro příze 2x42tex a 2x50tex a model04 pro jemnosti 2x10tex a 2x25tex. Významnosti bylo možné docílit u všech jemnoti s modelem04, po změně hodnot koeficientu  $k$  viz kap. 5.4. Změna koeficientů byla vhodná jak pro příze mykané, tak pro přízi česanou viz obr. 18., 19., 20. V případě příze česané s jemnosti

2x10tex a 2x25tex, změna nebyla nutná z hlediska významnosti modelu s koeficientem  $k=4$ . Tažnost příze viz tabulky v příloze č. 4 a obr. 13 a 14.

Při konečném určení vlivu závislosti zákrutové hustoty na tažnosti, je na grafech viz obr. 13. až 17. vidět, že u modelu01 a 03 je tažnost nejnižší, což se nejvíc projeví u příze česané o jemnosti 2x10tex.

Z výsledků můžeme konstatovat, že z uvedených modelů se nejvíc osvědčil model04 s určitou hodnotou pro koeficient  $k$ , na základě které se model svými hodnotami nejvíc přiblížil experimentu. V porovnání s hodnotami experimentu se projevil jako nejvíc významný u všech přízí, jak u přízí mykaných, taktéž u přízí česaných. Nárůst tažnosti se u tohoto modelu projevila na základě výšky hodnoty  $k$  viz kap. 4.2.

Posoudíme-li modely podle nárůstu hodnot tažnosti vzhledem k úrovni nárůstu hodnot experimentu se zvyšující se mírou zakroucení u přízí mykaných a česaných, pak se nejlepším jeví model02. Pro docílení lepších výsledků se předpokládá použití jiného vláknenného materiálu příze.

## 8 Literatura a zdroje

- [1] Neckař, Bohuslav;Kovářová, Anastázie. Struktura Příze: Fyzikální model vnitřní struktury. Liberec: SVÚT, 1980.
- [2] Militký, J.: Textilní vlákna. Vysokoškolský podnik, s.r.o., Liberec, 2002
- [3] Ursíny, P.: Předání I. Skriptum TUL, 2001
- [4] <http://www.ft.tul.cz/depart/ktt/pristroje/lucia/lucia.html>
- [5] [http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/res\\_delkove\\_textilie/index.htm](http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/res_delkove_textilie/index.htm)
- [6] Křemenáková, D.: Modelování geometrie a pevnosti bavlnářských přízí. Habilitační práce, Liberec 2005
- [7] Ursíny, P.: Předání II. Skriptum TUL, 2001
- [8] Vyšanská, M.: Charakteristické rozměry dvojmo skané příze návrh experimentálních metodik. TUL, 2006
- [9] Vyšanská, M.: Norma skaná podélný, Liberec, 2006
- [10] McKenna, H. A., Hearle, J. W. S., O'Hear, N.: Handbook of fibre rope technology, England, 2004
- [11] Český normalizační institut: Horolezecká výzbroj – Dynamická horolezecká lana Bezpečnostní požadavky a zkušební metody, ČSN EN 892, 2005
- [12] Voborová, J., Neckař, B.: Interní norma 22-102-01/01 – Průměr a chlupatost příze, TUL Liberec, 2001
- [13] Ursíny, P.: Spřádání bavlnářským způsobem II. Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1991
- [14] ČSN EN ISO 2062 Textilie. Nitě v návinech. Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu.
- [15] ČSN EN ISO 2061 Textilie – Zjišťování zákrutu nití – Metoda přímého počítání. Český normalizační institut, 1997
- [16] ČSN EN ISO 2060 Textilie - Nitě v návinech - Zjišťování jemnosti (délkové hmotnosti) pásmovou metodou. Český normalizační institut, 1996
- [17] Ursíny, P.: Struktura a vlastnosti skané bavlnářské příze mykané. Zpráva z pracovní etapy dílčího úkolu Optex – Optimalizace použití skaní.
- [18] Neckař, Bohuslav. Příze: Tvorba, struktura, vlastnosti.1vyd. Praha: SNTL, 1900
- [19] IN 12-108-01/01 Definice. Geometrické vlastnosti staplových přízí. TUL, 2002

## 9 Přílohy

**Příloha č.1** – Výsledné hodnoty tažnosti.

**Příloha č.2** – Výsledné hodnoty z programu Matlab

**Příloha č.3** – Hodnoty  $\cos \beta_s$

**Příloha č.4** – Výsledné hodnoty tažností všech modelů

**Příloha č.5** – Porovnání výběrů

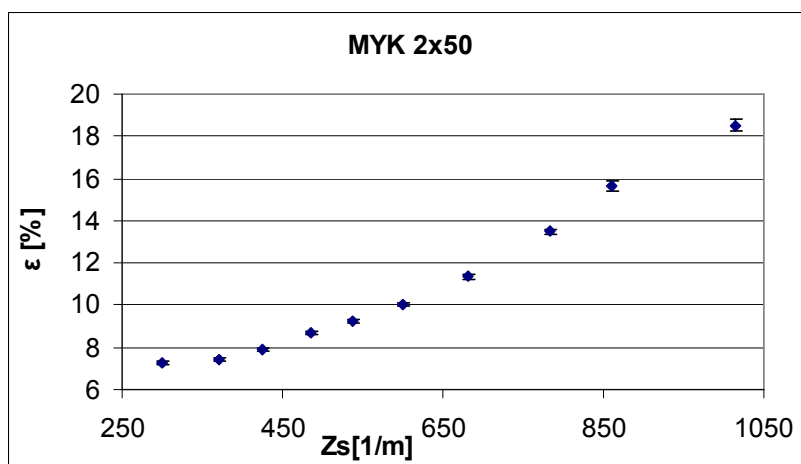


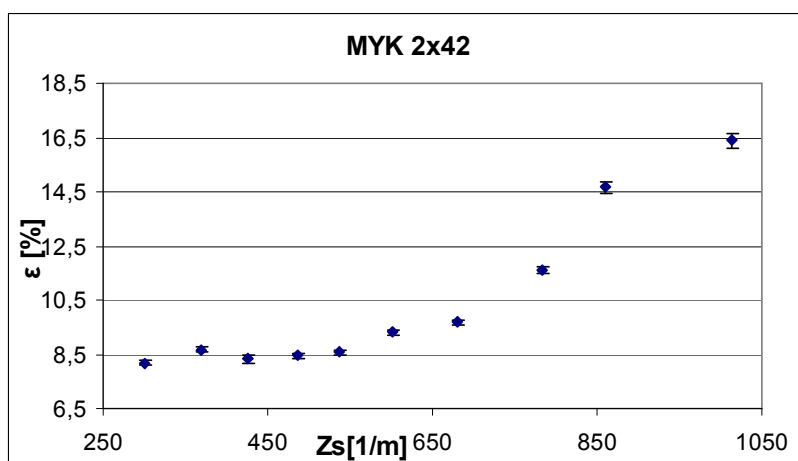
## Příloha č. 1

## Výsledné hodnoty tažnosti.

Zs jm [1/m]	MYK2x50 $\varepsilon_s$ [%]	95% IS
300	7,27	0,06
370	7,45	0,07
425	7,91	0,07
486	8,70	0,06
537	9,25	0,09
601	10,02	0,1
681	11,34	0,09
783	13,48	0,13
861	15,62	0,23
1014	18,51	0,27

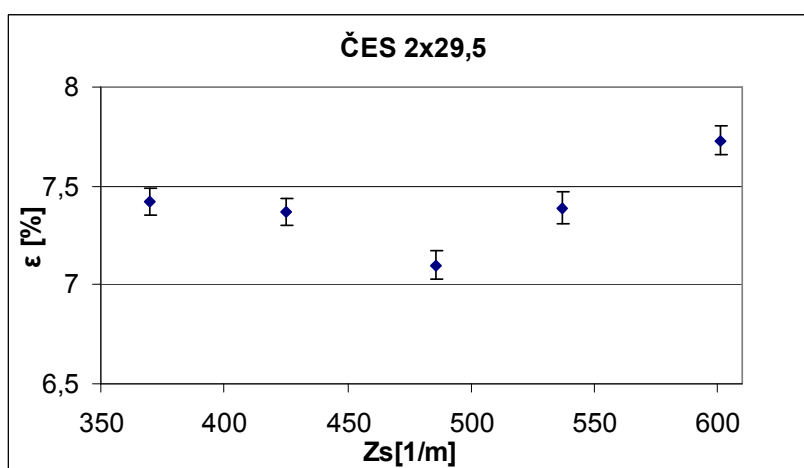
Zs jm [1/m]	MYK2x42 $\varepsilon_s$ [%]	95% IS
300	8,17	0,09
370	8,68	0,09
425	8,32	0,13
486	8,44	0,08
537	8,58	0,09
601	9,32	0,1
681	9,69	0,1
783	11,6	0,11
861	14,66	0,21
1014	16,38	0,25

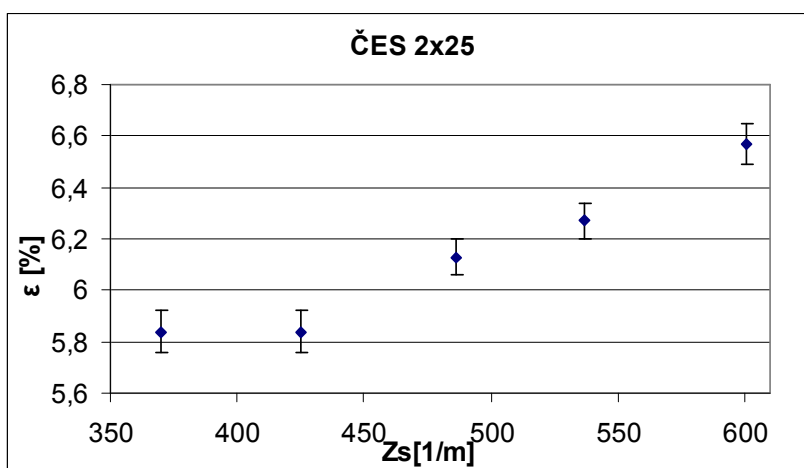




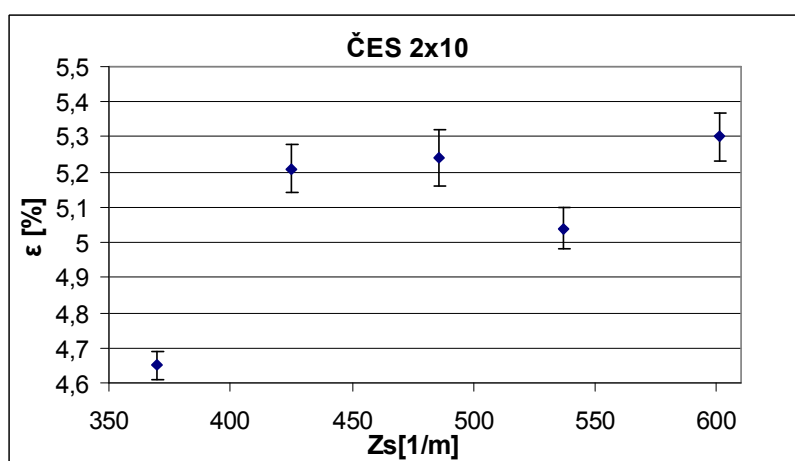
Zs jm [1/m]	MYK2x29,5 εs[%]	95% IS
370	7,42	0,07
425	7,37	0,07
486	7,10	0,07
537	7,39	0,08
601	7,73	0,07

Zs jm [1/m]	MYK2x25 εs[%]	95% IS
370	5,89	0,07
425	5,84	0,08
486	6,13	0,07
537	6,27	0,07
601	6,57	0,08





Zs jm [1/m]	MYK2x10 εs[%]	95% IS
370	4,65	0,04
425	5,21	0,07
486	5,24	0,08
537	5,04	0,06
601	5,30	0,07



## Příloha č. 2

## Výsledné hodnoty z programu Matlab

Zs jm [1/m]	Příze Tj,MYK2x50	
	D1 [μm]	IS [μm]
300	763,19	14,52
370	733,45	13,44
425	718,26	13,16
486	707,5	13,91
537	675,23	11,80
601	649,32	9,52
681	564,97	8,24
783	543,89	7,45
861	537,69	6,55
1014	540,20	7,63

Zs jm [1/m]	Příze Tj,MYK2x42	
	D1 [μm]	IS [μm]
300	642,41	11,42
370	666,96	13,86
425	654,07	12,23
486	633,92	12,13
537	632,95	10,83
601	605,77	8,26
681	578,42	8,81
783	547,83	7,68
861	546,96	7,33
1014	509,47	7,21

Zs jm [1/m]	Příze Tj, ČES2x29,5	
	D1 [μm]	IS [μm]
370	548,71	10,48
425	512,18	11,71
486	506,97	11,51
537	512,11	10,74
601	462,33	10,19

Zs jm [1/m]	Příze Tj, ČES2x25	
	D1 [μm]	IS [μm]
370	414,44	4,86
425	421,91	5,65
486	405,46	4,24
537	401,45	3,82
601	396,44	2,37

Zs jm [1/m]	Příze Tj, ČES2x10	
	D1 [μm]	IS [μm]
370	380,31	6,81
425	383,04	6,49
486	371,78	5,34
537	371,04	6,07
601	363,18	6,11

## Příloha č. 3

Hodnoty  $\cos \beta_s$ 

Zs jm	MYK 2x50	MYK 2x42	ČES 2x29,5	ČES 2x25	ČES 2x10
[1/m]	$\cos \beta_s [-]$	$\cos \beta_s [-]$	$\cos \beta_s [-]$	$\cos \beta_s [-]$	$\cos \beta_s [-]$
300	0,94	0,94			
370	0,91	0,93	0,95	0,97	0,97
425	0,90	0,90	0,95	0,97	0,97
486	0,88	0,89	0,93	0,96	0,96
537	0,86	0,88	0,91	0,95	0,95
601	0,85	0,86	0,91	0,94	0,95
681	0,85	0,84			
783	0,81	0,79			
861	0,77	0,74			
1014	0,70	0,73			

**Příloha č. 4.****Výsledné hodnoty tažností všech modelů**

	model02
	model03
	model04

**Tažnost jednoduchých přízí**

Příze Tj [tex]	MYK2x50	MYK2x42	ČES2x29,5	ČES2x25	ČES2x10
Tažnost jednoduché příze Zs jm [1/m], 300-1014	$\epsilon_j$ [%]	$\epsilon_j$ [%]	$\epsilon_j$ [%]	$\epsilon_j$ [%]	$\epsilon_j$ [%]
	7,04	7,13	5,70	5,06	3,90

**Hodnoty pro model 02**

Příze, Tj [tex]	MYK 2x50	MYK 2x42	ČES 2x29,5	ČES 2x25	ČES 2x10
Zs jm [1/m]	$\epsilon_s$ [%]	$\epsilon_s$ [%]	$\epsilon_s$ [%]	$\epsilon_s$ [%]	$\epsilon_s$ [%]
300	7,96	8,15			
370	8,46	8,26	6,35	5,36	4,11
425	8,60	8,88	6,36	5,42	4,15
486	9,15	8,91	6,59	5,49	4,20
537	9,49	9,10	6,83	5,61	4,28
601	9,84	9,55	6,82	5,72	4,35
681	9,82	10,02			
783	10,69	11,50			
861	11,93	12,90			
1014	14,31	13,28			

**Hodnoty pro model 03**

Příze, Tj [tex]	MYK 2x50	MYK 2x42	ČES 2x29,5	ČES 2x25	ČES 2x10
Zs jm [1/m]	$\epsilon_s$ [%]	$\epsilon_s$ [%]	$\epsilon_s$ [%]	$\epsilon_s$ [%]	$\epsilon_s$ [%]
300	7,07	7,16			
370	7,09	7,17	5,72	5,06	3,90
425	7,09	7,19	5,72	5,06	3,90
486	7,11	7,19	5,72	5,07	3,90
537	7,12	7,19	5,73	5,07	3,91
601	7,13	7,21	5,73	5,07	3,91
681	7,13	7,22			
783	7,16	7,27			
861	7,20	7,32			
1014	7,28	7,33			

**Hodnoty pro model 04 s k=4**

Příze, Tj [tex]	MYK 2x50	MYK 2x42	ČES 2x29,5	ČES 2x25	ČES 2x10
Zs jm [1/m]	$\epsilon_s$ [%]	$\epsilon_s$ [%]	$\epsilon_s$ [%]	$\epsilon_s$ [%]	$\epsilon_s$ [%]
300	10,63	11,41			
370	14,09	12,16	8,43	5,08	3,61
425	15,05	16,29	8,50	5,69	4,00
486	18,67	16,45	10,42	6,37	4,74
537	20,86	17,73	12,39	7,47	5,71
601	23,03	20,60	12,34	8,51	6,51
681	22,93	23,48			
783	28,22	32,32			
861	35,47	40,13			
1014	48,38	42,19			

**Hodnoty pro model 04 se změnou koeficientu k**

Příze, Tj [tex]	MYK 2x50, k=2	MYK 2x42, k=2	ČES 2x29,5, k=3	ČES 2x25, k=4	ČES 2x10, k=4
Zs jm [1/m]	$\epsilon_s$ [%]	$\epsilon_s$ [%]	$\epsilon_s$ [%]	$\epsilon_s$ [%]	$\epsilon_s$ [%]
300	0,61	1,33			
370	3,75	2,01	5,90	5,08	3,61
425	4,62	5,77	5,97	5,69	4,00
486	7,91	5,91	7,84	6,37	4,74
537	9,90	7,08	9,77	7,47	5,71
601	11,88	9,69	9,72	8,51	6,51
681	11,79	12,31			
783	16,60	20,35			
861	23,19	27,45			
1014	34,93	29,33			



**Souhrnné hodnoty tažností všech modelů a experimentu s koeficientem  $k=4$** 

ČES 2x10[ $\text{tex}$ ]					
Zs jm [1/m]	370	425	486	537	601
model01, $\epsilon$ s[%]	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90
model02, $\epsilon$ s[%]	4,11	4,15	4,20	4,28	4,35
model03, $\epsilon$ s[%]	3,90	3,90	3,91	3,91	3,91
model04, $\epsilon$ s[%]	3,61	4,00	4,74	5,71	6,51
experiment, $\epsilon$ s[%]	4,65	5,21	5,24	5,04	5,3

ČES 2x25[ $\text{tex}$ ]					
Zs jm [1/m]	370	425	486	537	601
model01, $\epsilon$ s[%]	5,06	5,06	5,06	5,06	5,06
model02, $\epsilon$ s[%]	5,36	5,42	5,49	5,61	5,72
model03, $\epsilon$ s[%]	5,06	5,06	5,07	5,07	5,07
model04, $\epsilon$ s[%]	5,08	5,69	6,37	7,47	8,51
experiment, $\epsilon$ s[%]	5,89	5,84	6,13	6,27	6,57

ČES 2x29,5[ $\text{tex}$ ]					
Zs jm [1/m]	370	425	486	537	601
model01, $\epsilon$ s[%]	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70
model02, $\epsilon$ s[%]	6,35	6,36	6,59	6,83	6,82
model03, $\epsilon$ s[%]	5,72	5,72	5,72	5,73	5,73
model04, $\epsilon$ s[%]	8,43	8,50	10,42	12,39	12,34
experiment, $\epsilon$ s[%]	7,42	7,37	7,10	7,39	7,73

MYK 2x42[ $\text{tex}$ ]										
Zs jm [1/m]	300	370	425	486	537	601	681	783	861	1014
model01, $\epsilon$ s[%]	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13
model02, $\epsilon$ s[%]	8,15	8,26	8,88	8,91	9,1	9,55	10,02	11,5	12,9	13,28
model03, $\epsilon$ s[%]	7,16	7,17	7,19	7,19	7,19	7,21	7,22	7,27	7,32	7,33
model04, $\epsilon$ s[%]	11,4	12,2	16,29	16,45	17,73	20,6	23,48	32,32	40,13	42,19
experiment, $\epsilon$ s[%]	8,17	8,68	8,32	8,44	8,58	9,32	9,69	11,6	14,66	16,38

MYK 2x50[ $\text{tex}$ ]										
Zs jm [1/m]	300	370	425	486	537	601	681	783	861	1014
model01, $\epsilon$ s[%]	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04
model02, $\epsilon$ s[%]	7,96	8,46	8,6	9,15	9,49	9,84	9,82	10,69	11,93	14,31
model03, $\epsilon$ s[%]	7,07	7,09	7,09	7,11	7,12	7,1	7,13	7,16	7,2	7,28
model04, $\epsilon$ s[%]	10,6	14,1	15,05	18,67	20,86	23,03	22,93	28,22	35,47	48,38
experiment, $\epsilon$ s[%]	7,27	7,45	7,91	8,7	9,25	10,02	11,34	13,48	15,62	18,51

**Souhrnné hodnoty tažností všech modelů a experimentu se změnou koeficientu k**

ČES 2x10[ $\text{tex}$ ]					
Zs jm [1/m]	370	425	486	537	601
model01, $\epsilon$ s[%]	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90
model02, $\epsilon$ s[%]	4,11	4,15	4,20	4,28	4,35
model03, $\epsilon$ s[%]	3,90	3,90	3,91	3,91	3,91
model04, $\epsilon$ s[%]	3,61	4,0	4,74	5,71	6,51
experiment, $\epsilon$ s[%]	4,65	5,21	5,24	5,04	5,3

ČES 2x25[ $\text{tex}$ ]					
Zs jm [1/m]	370	425	486	537	601
model01, $\epsilon$ s[%]	5,06	5,06	5,06	5,06	5,06
model02, $\epsilon$ s[%]	5,36	5,42	5,49	5,61	5,72
model03, $\epsilon$ s[%]	5,06	5,06	5,07	5,07	5,07
model04, $\epsilon$ s[%]	5,08	5,69	6,37	7,47	8,51
experiment, $\epsilon$ s[%]	5,89	5,84	6,13	6,27	6,57

ČES 2x29,5[ $\text{tex}$ ]					
Zs jm [1/m]	370	425	486	537	601
model01, $\epsilon$ s[%]	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70
model02, $\epsilon$ s[%]	6,35	6,36	6,59	6,83	6,82
model03, $\epsilon$ s[%]	5,72	5,72	5,72	5,73	5,73
model04, $\epsilon$ s[%]	5,90	5,97	7,84	9,77	9,72
experiment, $\epsilon$ s[%]	7,42	7,37	7,10	7,39	7,73

MYK 2x42[ $\text{tex}$ ]										
Zs jm [1/m]	300	370	425	486	537	601	681	783	861	1014
model01, $\epsilon$ s[%]	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13
model02, $\epsilon$ s[%]	8,15	8,26	8,88	8,91	9,10	9,55	10,02	11,5	12,9	13,28
model03, $\epsilon$ s[%]	7,16	7,17	7,19	7,19	7,19	7,21	7,22	7,27	7,32	7,33
model04, $\epsilon$ s[%]	1,33	2,01	5,77	5,91	7,08	9,69	12,31	20,35	27,45	29,33
experiment, $\epsilon$ s[%]	8,17	8,68	8,32	8,44	8,58	9,32	9,69	11,6	14,66	16,38

MYK 2x50[ $\text{tex}$ ]										
Zs jm [1/m]	300	370	425	486	537	601	681	783	861	1014
model01, $\epsilon$ s[%]	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04
model02, $\epsilon$ s[%]	7,96	8,46	8,60	9,15	9,49	9,84	9,82	10,69	11,93	14,31
model03, $\epsilon$ s[%]	7,07	7,09	7,09	7,11	7,12	7,10	7,13	7,16	7,20	7,28
model04, $\epsilon$ s[%]	0,61	3,75	4,62	7,91	9,90	11,88	11,79	16,6	23,19	34,93
experiment, $\epsilon$ s[%]	7,27	7,45	7,91	8,70	9,25	10,02	11,34	13,48	15,62	18,51

## Příloha č. 5

## Porovnání výběrů

	model02
	model03
	model04
	před úpravou
	po upravě

## Souhrnné tabulky

Příze Tj [tex]	exp./model02	exp./model03	exp./model04
MYK2x50	NEVÝZNAMNÉ	VÝZNAMNÉ	VÝZNAMNÉ
MYK2x42	NEVÝZNAMNÉ	VÝZNAMNÉ	VÝZNAMNÉ
ČES2x29,5	VÝZNAMNÉ	VÝZNAMNÉ	VÝZNAMNÉ
ČES2x25	VÝZNAMNÉ	VÝZNAMNÉ	NEVÝZNAMNÉ
ČES2x10	VÝZNAMNÉ	VÝZNAMNÉ	NEVÝZNAMNÉ

Příze Tj [tex]	exp./model04
MYK2x50	NEVÝZNAMNÉ
MYK2x42	NEVÝZNAMNÉ
ČES2x29,5	NEVÝZNAMNÉ
ČES2x25	NEVÝZNAMNÉ
ČES2x10	NEVÝZNAMNÉ

Model02

Příze, Tj [tex]	exp./model02	Pravděpodobnost
ČES 2x10	VÝZNAMNÉ rozdíly	0,000446
ČES 2x25	VÝZNAMNÉ rozdíly	0,000494
ČES 2x29,5	VÝZNAMNÉ rozdíly	0,001103
MYK 2x42	NEVÝZNAMNÉ rozdíly	0,202645
MYK 2x50	NEVÝZNAMNÉ rozdíly	0,084944

**Model03**

Příze, Tj [tex]	exp./model03	Pravděpodobnost
ČES 2x10	VÝZNAMNÉ rozdíly	0,000269
ČES 2x25	VÝZNAMNÉ rozdíly	0,000604
ČES 2x29,5	VÝZNAMNÉ rozdíly	3,5E-005
MYK 2x42	VÝZNAMNÉ rozdíly	0,003367
MYK 2x50	VÝZNAMNÉ rozdíly	0,005114

**Model04, k=4**

Příze, Tj [tex]	exp./model04	Pravděpodobnost
ČES 2x10	NEVÝZNAMNÉ rozdíly	0,366796
ČES 2x25	NEVÝZNAMNÉ rozdíly	0,188844
ČES 2x29,5	VÝZNAMNÉ rozdíly	0,011551
MYK 2x42	VÝZNAMNÉ rozdíly	0,202645
MYK 2x50	VÝZNAMNÉ rozdíly	0,084944

**Model04 se změnou k**

Příze, Tj [tex]	exp./model04	Pravděpodobnost
ČES 2x10, k=4	NEVÝZNAMNÉ rozdíly	0,366796
ČES 2x25, k=4	NEVÝZNAMNÉ rozdíly	0,188844
ČES 2x29,5, k=3	NEVÝZNAMNÉ rozdíly	0,310994
MYK 2x42, k=2	NEVÝZNAMNÉ rozdíly	0,237782
MYK 2x50, k=2	NEVÝZNAMNÉ rozdíly	0,234797

